



Уральский  
федеральный  
университет

имени первого Президента  
России Б.Н.Ельцина

Институт естественных наук  
и математики

# СОЗДАНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ КУЛЬТУРФИТОЦЕНОЗОВ НА НАРУШЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ ЗЕМЛЯХ

Учебное пособие





МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б. Н. ЕЛЬЦИНА

# СОЗДАНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ КУЛЬТУРФИТОЦЕНОЗОВ НА НАРУШЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ ЗЕМЛЯХ

Учебное пособие

Рекомендовано  
методическим советом Уральского федерального университета  
в качестве учебного пособия для студентов вуза, обучающихся  
по направлениям подготовки 06.03.01, 06.04.01 «Биология»,  
05.03.06, 05.04.06 «Экология и природопользование»

Екатеринбург  
Издательство Уральского университета  
2019

УДК 502.13(075.8)  
ББК 20.18я73-1  
С585

А в т о р ы:  
Т. С. Чибрик, М. А. Глазырина, Е. И. Филимонова, Н. В. Лукина

Н а у ч н ы й   р е д а к т о р  
Т. А. Радченко

Р е ц е н з е н т ы:  
лаборатория экологии техногенных растительных сообществ  
Ботанического сада УрО РАН  
(заведующий лабораторией доктор сельскохозяйственных наук С. Л. Менщиков);  
Ю. Е. Михайлов, доктор биологических наук,  
заведующий кафедрой экологии, природопользования и защиты леса  
Уральского государственного лесотехнического университета

**Создание** и изучение культурфитоценозов на нарушенных промышлен-  
С585 ностью землях : учеб. пособие / [Т. С. Чибрик, М. А. Глазырина, Е. И. Фи-  
лимонова, Н. В. Лукина] ; [науч. ред. Т. А. Радченко] ; М-во науки и высш.  
образования Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург : Изд-во  
Урал. ун-та, 2019. – 146 с.

ISBN 978-5-7996-2548-1

В учебном пособии рассматривается важная экологическая проблема современности – создание и изучение культурфитоценозов на нарушенных промышленностью землях. Даются практические рекомендации для создания и сохранения длительной продуктивности посевов многолетних трав, а также посадок. Рекомендации имеют большое значение для разработки основ биологической рекультивации нарушенных территорий.

Для студентов, магистрантов и аспирантов биологической и экологической специальностей, а также широкого круга биологов, экологов и специалистов по биологической рекультивации.

УДК 502.13(075.8)  
ББК 20.18я73-1

*На обложке:*  
культурфитоценоз на золоотвале Верхнетагильской ГРЭС



## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	4
Введение .....	6
Глава 1. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ И ЗАДАЧИ КУЛЬТУРФИТОЦЕНОЛОГИИ .....	8
Глава 2. ВЗГЛЯДЫ УЧЕНЫХ НА КУЛЬТУРНЫЕ СООБЩЕСТВА .....	13
Глава 3. МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ И ИЗУЧЕНИЯ КУЛЬТУРФИТОЦЕНОЗОВ НА ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТАХ .....	18
Глава 4. ОПЫТ СОЗДАНИЯ И ИЗУЧЕНИЯ КУЛЬТУРФИТОЦЕНОЗОВ ПРИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ, НАРУШЕННЫХ ДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ УРАЛА .....	32
Глава 5. ОПЫТ СОЗДАНИЯ И ИЗУЧЕНИЯ КУЛЬТУРФИТОЦЕНОЗОВ ПРИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ, НАРУШЕННЫХ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ УРАЛА .....	115
Список библиографических ссылок .....	137
Список рекомендуемой литературы .....	143
<i>Приложение. Структура самостоятельной работы</i> .....	144

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Урал – старый промышленный регион, где добыча и переработка полезных ископаемых ведется более 100 лет. Нарушенных площадей только в Свердловской области свыше 65 тыс. га. Они резко отличаются по характеру рельефа, морфологическим параметрам, таким как площадь, высота, глубина и т. д. Чрезвычайно разнообразны состав и свойства пород (субстратов), слагающих эти территории. Зачастую формирование фитоценозов идет на породах разного геологического возраста, извлеченных с больших глубин (до 500 м), т. е. они характеризуются большим разнообразием и пространственной гетерогенностью экотопов, особенно эдафотопов.

В Уральском государственном университете им. А. М. Горького более 55 лет проводились исследования по биологической рекультивации нарушенных промышленностью земель. Актуальность проблемы не снижается и сегодня. В настоящее время эти исследования продолжают сотрудники лаборатории антропогенной динамики экосистем в составе отдела биологических исследований Научно-исследовательского института физики и прикладной математики Института естественных наук и математики УрФУ.

Техническая подготовка поверхности техногенных объектов (технический этап рекультивации) делает биологическую рекультивацию возможной, но не ликвидирует все неблагоприятные эдафические условия этих своеобразных экотопов. Преодоление или сведение к минимуму таких условий может вестись в двух направлениях: за счет улучшения свойств субстрата (водно-физических, агрохимических и др.) и подбора подходящего для этих условий ассортимента видов.

Мероприятия биологического этапа рекультивации на Урале, как правило, сводятся к посеву многолетних трав и посадке деревьев и кустарников. При этом важен экспериментальный подбор ассортимента видов, устойчивых к комплексу неблагоприятных эдафических условий, обладающих высокой экологической пластичностью и адаптационными способностями. Поэтому в комплексных исследованиях традиционно уделяется большое внимание характеристике флористического состава формирующихся в техногенных ландшафтах фитоценозов и слагающих их видов.

При исследованиях была реализована комплексная программа по всестороннему изучению искусственных фитоценозов техногенных ландшафтов, которая включала изучение динамики и структуры культурфитоценозов, их продуктивности, структуры и жизненности ценопопуляций культивируемых видов. Подробно изучался флористический состав, биоэкологическая характеристика видов, химический состав растений, микотрофность видов. В настоящем учебном пособии

впервые представлен и проанализирован опыт биологической рекультивации нарушенных промышленностью земель Урала на фитоценоотическом и ценопопуляционном уровнях с учетом временной трансформации созданных культурфитоценозов и качества фитомассы.

Учебное пособие посвящено важной экологической проблеме современности – созданию и изучению культурфитоценозов на нарушенных промышленностью землях. В нем даются практические рекомендации для создания и сохранения длительной продуктивности посевов многолетних трав, а также посадок. Данные рекомендации имеют большое значение для разработки основ биологической рекультивации нарушенных территорий.

Учебное пособие поможет в освоении дисциплины «Культурфитоценология с основами биологической рекультивации» по программам бакалавриата и магистратуры.

## ВВЕДЕНИЕ

Интенсификация темпов разработки полезных ископаемых, деятельности перерабатывающей промышленности, промышленного и гражданского строительства и т. д. сопровождается усилением эксплуатации природных ресурсов, что ведет к увеличению отрицательного влияния промышленности на природные ландшафты, нарушению ценных сельскохозяйственных и лесных угодий. Особенно большие нарушения происходят при открытых разработках полезных ископаемых – угля, руд черных и цветных металлов и др. В настоящее время распространенность техногенных ландшафтов позволяет говорить о замене ими в ряде регионов природных систем. Процессы естественного восстановления нарушенных территорий замедлены. Участие органического вещества в общей массе техногенных образований (неозокотопов) ничтожно. Присущие им растительные сообщества весьма изменчивы и часто случайны по составу видов, примитивны по структуре и малоустойчивы, поэтому человек вынужден принимать меры по ускорению их регенерации или целенаправленному формированию продуктивных искусственных растительных сообществ (культурфитоценозов). Искусственные фитоценозы создаются человеком по заранее намеченному плану, являются продуктом его труда и могут существовать только при условии заботы о них.

Культурфитоценозы на нарушенных промышленностью землях создаются в процессе биологической рекультивации. В зависимости от условий выбирается направление рекультивации: сельскохозяйственное, лесохозяйственное, природоохранное, санитарно-гигиеническое и др.

Биологическую рекультивацию сельскохозяйственного направления проводят преимущественно на отвалах, поверхность которых сформирована потенциально плодородными породами или покрыта почвой. В этом случае при соответствующей агротехнике создают типичные агробиоценозы, а рекультивированные земли переводятся в общий баланс сельхозугодий. Состояние их и продуктивность полностью зависят от регуляторной деятельности человека. Частным случаем сельскохозяйственной рекультивации является создание коллективных садов и огородов на малопригодных породах при наличии достаточного количества органических и минеральных удобрений. Разновидностью сельскохозяйственной рекультивации можно считать создание сенокосно-пастбищных угодий длительного пользования.

Нарушенные промышленностью земли, не пригодные для сельскохозяйственного производства, например, в связи с повышенным содержанием в них тяжелых металлов и т. д., должны восстанавливаться в лесохозяйственном направлении. Целью лесохозяйственного направления биологической рекультивации является создание на отвалах высокопродуктивных устойчивых лесных биогеоценозов,

обладающих положительным средопреобразующим воздействием и имеющих мелиоративное, санитарно-гигиеническое и рекреационное назначение [1]. Виды и методы лесной рекультивации определяются зональными и локальными экологическими условиями района промышленных разработок [2; 3, с. 78].

При проведении рекультивации нарушенных территорий на Урале, где сосредоточены значительные площади старых отвалов и карьеров, остро стоит проблема дефицита плодородного слоя почвы и потенциально плодородного грунта. Для того чтобы в короткое время ограничить загрязняющее воздействие вынесенных на поверхность горных пород, а при более благоприятных эдафических условиях – восстановить хозяйственную ценность нарушенных территорий, для каждого предприятия производят индивидуальный подбор видов растений-мелиорантов. Для этой цели используются растения, устойчивые к условиям необычной для них среды и способные образовывать высокопродуктивные сообщества, которые, являясь одним из существенных структурных компонентов ландшафта, выполняли бы одновременно почвозащитную, культурно-эстетическую и санитарно-гигиеническую функции.

На Урале работы по рекультивации нарушенных промышленностью земель были начаты в 1959–1961 гг., они проводились под руководством В. В. Тарчевского в лаборатории промышленной ботаники Уральского государственного университета (ныне – лаборатория антропогенной динамики экосистем УрФУ). На всех типах изученных отвалов на базе стационарных опытных посевов и посадок сотрудниками лаборатории были получены положительные результаты по их биологической рекультивации, разработаны необходимые рекомендации. Рекомендации лаборатории применялись при биологической рекультивации около 2 тыс. га нарушенных промышленностью земель. Научные труды сотрудников лаборатории использовались при составлении ряда нормативных документов. Рекомендации лаборатории были неоднократно представлены на ВДНХ СССР. Научные издания сотрудников, в том числе 14 тематических сборников статей, монографии и т. д., хорошо известны широкому кругу специалистов в России и за рубежом. Коллектив лаборатории на протяжении многих лет принимает участие в подготовке высококвалифицированных специалистов, успешно работающих в области охраны природы и рекультивации.

Созданная в первые годы работы лаборатории методика фитомелиорации отвалов перерабатывающей промышленности (с модификациями) была принята и для биологической рекультивации породных отвалов горнодобывающей промышленности.

Созданию и изучению дендроценозов на золоотвалах Урала посвящены работы сотрудников лаборатории экологии техногенных растительных сообществ Ботанического сада УрО РАН (ранее – Институт леса УрО РАН). Сотрудниками лаборатории экспериментально опробован большой ассортимент деревьев и кустарников (35 видов), дана характеристика и оценка пригодности данных видов древесных пород для лесовосстановления на золоотвалах лесной зоны.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ И ЗАДАЧИ КУЛЬТУРФИТОЦЕНОЛОГИИ

Культурфитоценология – учение о целенаправленно регулируемых естественных и искусственно создаваемых сообществах различных типов растительности (лесных, луговых, полевых, водных и др.). Культурфитоценология, как отрасль фитоценологии, занимается изучением культурфитоценозов (КФ).

*Культурфитоценоз* (от лат. *cultura* – «возделывание, воспитание» и от греч. *φυτόν* – «растение» и *κοινός* – «общий») – сообщество культивируемых растений, обладающее многими особенностями естественного фитоценоза, но формируемое в результате деятельности человека.

Термин «культурфитоценоз» предложил советский лесовед Ю. П. Бяллович. Под КФ он понимал «определенную культуру, рассматриваемую как совокупность растений, характеризующуюся определенными взаимоотношениями между растениями и между растениями и средой, возникающими в результате наложений реакций ландшафта и борьбы за существование на комплекс целенаправленных растениеводческих мероприятий» [4, с. 21].

Предпосылки к оформлению *культурфитоценологии* складывались в полеводстве, лесоводстве, парковом строительстве, луговодстве. Еще в начале XX в. русским почвоведом, лесоведом, геоботаником и географом Г. Н. Высоцким в труде «Ергеня» [5] были высказаны культурфитоценологические идеи. Г. Н. Высоцкий указывал на необходимость подбора компонентов в искусственно создаваемых насаждениях (в садах, парках) из соответствующих по экологии и биологии видов растений и дал описание наблюдаемых смен растительности на залежах.

Известный русский и польский ботаник И. К. Пачоский [6] рекомендовал для более полного использования производительных сил земли вводить в сады и парки элементы природных ландшафтов, а при выращивании полевых культур использовать хотя бы по две расы культивируемого вида растения, различающиеся между собой по каким-либо признакам, например, по высоте стебля и т. п.

КФ могут быть: 1) *возделываемые* (поля, плантации, лесные питомники и др.); 2) *создаваемые* человеком (полезащитные полосы, лесосеменные плантации и др.); 3) *преобразованные и управляемые* человеком (лесосады, лесонасаждения с постоянным применением рубок ухода и пр.).

Продолжительность существования КФ определяется жизненной формой видов культивируемых растений и характером воздействия человека. По продолжительности существования различают КФ [7, с. 199]:

1) *кратковременные* (1–3 года: поля, огороды, клумбы и т. д.);

2) *длительные* (8–10 лет: сеяные луга);

3) *постоянные* (существующие десятки и сотни лет: плодовые сады, городские парки, полевая защитная лесная полоса, лесные массивы). Постоянные КФ по ряду признаков стоят ближе к фитоценозам *естественным*.

К задачам изучения КФ относятся:

- выявление закономерностей распределения КФ и их типов;
- определение флористического состава, строения и динамики целенаправленно регулируемых естественных и искусственно создаваемых сообществ различных типов растительности (лесных, луговых, полевых, водных и др.);
- исследование взаимосвязей между произрастающими в КФ видами растений и между ними и средой;
- установление взаимосвязей между КФ и между ними и средой;
- классификация искусственных фитоценозов;
- разработка научной теории создания наиболее эффективных культивируемых сообществ в целях наиболее рационального использования территорий для получения наибольшей продукции или иного полезного эффекта.

От культивируемой растительности человек получает основное продовольствие, сырье для легкой и строительной промышленности и т. п. Кроме того, КФ в жизни человека имеют большое эстетическое и оздоровительное значение [8].

Научное обоснование для создания наиболее рациональных структур КФ позволит эффективно использовать каждый участок земли для получения наибольшей продукции или иного полезного эффекта.

К КФ относятся также *агрофитоценозы*, *агростепи*, *агропустыни*, сообщества садов и виноградников, садово-парковые комплексы и т. д.

*Агрофитоценоз* (от греч. *agros* – «поле» и *фитоценоз*) – это однородный участок сельскохозяйственного землепользования, занятый сменяющимися друг друга по годам культурными растениями, вид, сорт и очередность выращивания которых определяется типом севооборота. В рамках единого севооборота разные сельскохозяйственные культуры, воздействуя на почву, обогащая ее специфическими органическими веществами, создают определенный тип экологической среды, свойственный данному севообороту, и определенный набор сорных растений-спутников (сегетальные сорные виды, связанные с почвой банками семян и банками вегетативных зачатков) [7, с. 7]. Высеваемые человеком культурные растения являются доминантами, т. е. эдификаторами создаваемого агрофитоценоза (АФ), остальные его компоненты входят в состав АФ независимо от желания человека и часто вопреки этому желанию [9].

Агрофитоценология является основным разделом культурфитоценологии. Агрофитоценология (от греч. *agros* – «поле», *koinos* – «общий» и *logos* – «учение») – учение о полевых группировках растений, составляющих в совокупности полевую культивируемую растительность. Основные эмпирические положения данной науки формировались с начала эпохи земледелия, но как теоретическая база агрономии агрофитоценология сложилась в XX в. [8].



Значительный вклад в агрофитоценологию на разных этапах ее развития внесли советские, российские и украинские ученые: М. В. Марков, А. А. Часовенная, Н. С. Камышев, А. М. Гродзинский, В. В. Туганаев, Б. М. Миркин, Ю. А. Злобин и др.

Ю. А. Злобиным [10, с. 4, 5] были сформулированы следующие задачи агрофитоценологии:

1) изучение структуры автотрофного блока культурных растений для основных типов АФ с разработкой научно обоснованных рекомендаций по оптимизации этой структуры для максимального использования солнечной радиации и углекислого газа воздуха с получением урожая заданного количества и качества;

2) исследование механизмов функционирования АФ с целью нахождения способов повышения их автономности и устойчивости, полного удовлетворения всех потребностей сельскохозяйственных растений в условиях интенсивных технологий их выращивания;

3) изучение абиотических и биотических факторов, влияющих на продуктивность и жизненное состояние особей культурных растений для оптимизации природной среды в АФ и определение наиболее благоприятных отношений между культурными, сорными растениями и различными группами фитофагов и консументов (организмов, вызывающих болезни растений или участвующих в образовании и переработке гумуса);

4) изыскание способов снижения размеров вносимой в АФ антропогенной энергии при сохранении и полном воспроизводстве природных ресурсов;

5) изучение сегетальной растительности в пределах АФ, ее классификация и использование для индикации условий экотопа.

АФ – это высокоспецифические биологические системы. Они имеют следующие отличия от других экосистем [10, с. 6–8]:

I. АФ кроме солнечной радиации (основного источника энергии) пользуются антропогенной энергией, которая объединяет в себе все формы энергетических затрат, вносимые в посев человеком: 1) энергию, затрачиваемую на перемещение почвы (вспашка, культивация и т. д.); 2) связанную энергию органических удобрений; 3) энергию, идущую на производство минеральных удобрений, и т. п. По подсчетам А. А. Титляновой с соавторами [11], антропогенная энергия в АФ составляет 5–10 % от общего ее количества.

II. Для АФ характерно значительное отчуждение органического вещества и связанной солнечной энергии при уборке урожая. В зависимости от вида сельскохозяйственной культуры оно может достигать 50–70 % от общей продукции и энергетических запасов АФ.

III. Посевы – это фитоценотические системы, срок существования которых заведомо ограничен.

IV. АФ свойственна однородность автотрофного блока (компоненты слабо дифференцированы по экологическим нишам): 1) состоит из растений одного

вида и даже одного сорта; 2) обладает упрощенной структурой (одноярусность и бедный набор жизненных форм) и как следствие – неустойчив к нарушениям.

V. АФ – это очень динамические биологические системы.

По уровню культурного состояния среди АФ следует различать [8, с. 11]:

1. АФ высокого уровня культурного состояния – сообщества, дающие наибольший хозяйственный эффект, что достигается использованием высокой сортности культур и применением высокой агротехники как к простым, так и к сложным сообществам. Эти сообщества свободны от сорняков и дают эффект не менее установленного к данному времени наукой и практикой для конкретной природной зоны.

2. АФ среднего уровня культурного состояния – сообщества, дающие в конкретных природных условиях хозяйственный эффект не ниже средних норм, характерных для данной местности. В этом случае эффект не может быть максимальным вследствие недостаточности применяемых приемов агротехники, или недоучета природных свойств растений, или недостаточной биологической обоснованности применяемых сочетаний растений в сложных сообществах, или нерационального размещения растений по площади, сильного засорения участка и т. п.

3. АФ низкого уровня культурного состояния – сообщества, дающие в конкретных природных условиях низкий хозяйственный эффект в результате сильного ослабления агротехники и регулирующей деятельности человека, или влияния стихийных факторов, или несоответствия биологических требований растений и возможностей природных условий, или фитоценотической несовместимости компонентов в сложных сообществах и т. п. К этой группе сообществ относятся сообщества с выходом продукции, не окупающей затрат.

*Агростепь* – понятие, предложенное Д. С. Дзыбовым [12], который разработал метод рекультивации сильно нарушенных степей степной зоны, предполагающий восстановление степного травостоя путем мульчирования предварительно обработанной почвы сеном естественной степи, скошенным в три срока и потому включающим семена практически всех растений. В результате в течение 3–4 лет воссоздается сообщество, включающее до 80 % видов естественной степи, которое можно использовать как семенной материал для создания новых участков агростепи. Агростепи занимают промежуточное положение между фитоценозами естественными и фитоценозами искусственными [7, с. 7].

*Агропустыня* – фитоценоз искусственный из видов местной флоры, который создается на основе принципа дифференциации экологических ниш в условиях пустынной растительности, сильно измененной в результате пастбищной дигрессии [Там же, с. 6]. Теоретические основы и практические приемы создания *агропустынь* разработали Н. Т. Нечаева с соавторами [13]. К практическим приемам относятся следующие мероприятия: 1) в состав агропустыни включаются растения разных жизненных форм: деревья (саксаулы), кустарники,

кустарнички, полукустарнички и травы, что обеспечивает высокую степень использования ресурсов и позволяет получить урожай полезной кормовой массы в 4–8 раз выше, чем на естественных пустынных пастбищах; 2) семена высеваемых растений гранулируются – заключаются в капсулу из раствора глины и песка, что препятствует их выдуванию ветром; 3) проводится минимальная обработка почвы при уплотненном верхнем горизонте почвы (такыры).

## Глава 2

### ВЗГЛЯДЫ УЧЕНЫХ НА КУЛЬТУРНЫЕ СООБЩЕСТВА

В. В. Алехин – лидер московской школы геоботаников в брошюре «Что такое растительное сообщество» [14] изложил представления о фитоценозах как об экологически и исторически обусловленных закономерных устойчивых сочетаниях растений, обладающих определенным составом и строением. В. В. Алехин, а также его ученики и последователи считали, что не всякое совместное обитание есть сообщество, и, в частности, не признавали сообществами искусственные или случайные сочетания: посадки, посевы культурных растений, заросли сорняков и пустырных видов и т. п.

Представитель ленинградской геоботанической школы В. Н. Сукачев, в свою очередь, большое значение придавал фитоценологическому изучению посевов и посадок культурных растений. Он писал: «Так как все наши культуры за редким исключением являются фитоценозами, то их урожайность или какой-нибудь другой хозяйственный или вообще полезный эффект определяются их фитоценологической структурой. Поэтому при создании таких культур должны быть использованы данные фитоценологии не меньше, чем данные физиологии или экологии растений, тем более что в зависимости от фитоценологических условий меняются и экологические и биологические свойства растений» [15, с. 107].

А. П. Шенников (см.: [16]) под культивируемой растительностью понимал «...целесообразно и сознательно организованную и управляемую человеком растительность, возникающую или в процессе окультуривания природной растительности, или при посевах и посадках желательных растений на почвах, освобожденных для этого от других растений. Влияние культивируемых растений на среду должно быть возможно более положительным, чтобы культивируемые растения в свою очередь полнее использовали среду и устойчиво давали наибольшую массу требуемого страной продукта высокой ценности и, следовательно, полнее окупали затраченный на них труд» [17, с. 366].

Культурфитоценология и ее большой раздел – агрофитоценология имеют как теоретическое, так и практическое значение.

Например, русский ботаник, один из крупнейших специалистов в области геоботаники П. Д. Ярошенко [18] к области теоретической культурфитоценологии относил вопросы исторических смен КФ, их классификации, выработки новых, более совершенных типов КФ и т. п., а изучение сообществ культурных растений – к области «...в основном практической» [18, с. 361].

## Опыт классификации культурфитоценозов

Первая и одна из основных классификаций КФ была разработана Ю. П. Бяловичем [4]. Он выделял КФ по степени целенаправленного воздействия человека на растительность: 1) *нерегулируемые*; 2) *регулируемые*; 3) *ландшафтинdependentные*, т. е. независимые от ландшафта (рис. 1).

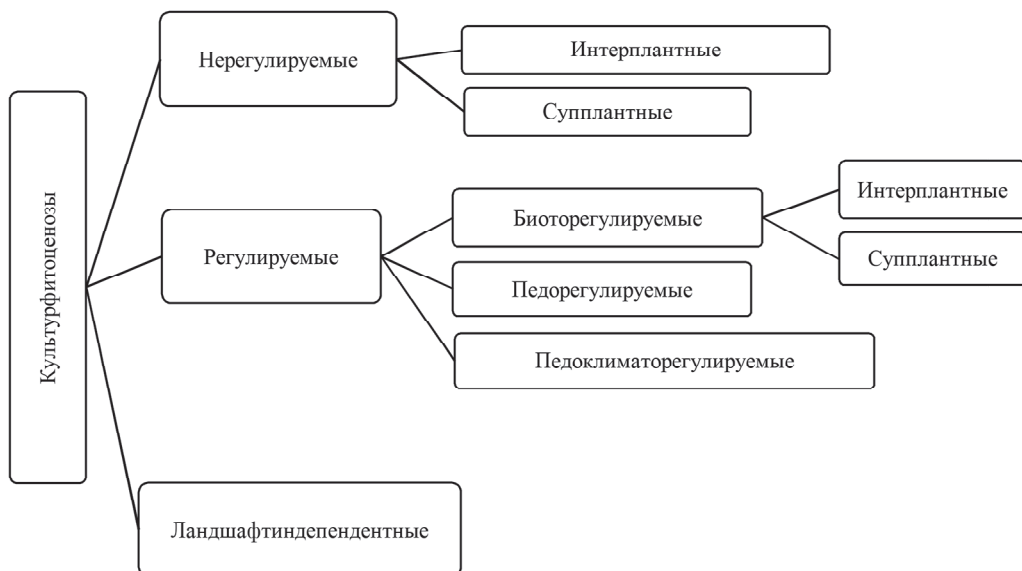


Рис. 1. Классификация культурфитоценозов Ю. П. Бяловича

К группе *нерегулируемых* КФ ученый относил следующие: 1) *интерплантные* – растение только введено человеком в естественный фитоценоз, но дальнейшего ухода за ним нет; 2) *супплантные* – перед посадкой растения человек освобождает для него место, но дальнейшего ухода за фитоценозом не осуществляет.

Среди *регулируемых* КФ Ю. П. Бялович различал: 1) *биоторегулируемые*: а) *интерплантные* – прямого ухода за растениями нет, но обеспечивается воздействие на биотические факторы (например, удаление отдельных растений, посадка других растений, борьба с вредителями); б) *супплантные* – производится уход за растениями, но нет ухода за почвой; 2) *педоторегулируемые* – производится уход за почвой (рыхление, удобрение, полив); 3) *педоклиматорегулируемые* – на протяжении развития фитоценоза производится воздействие на климатические и почвенные факторы. Такие фитоценозы, как правило, являются одновременно супплантными и биоторегулируемыми (например, обогреваемые цитрусовые плантации, прикапываемые на зиму виноградники и т. д.). К группе «*ландшафтинdependentные*» относил такие культурфитоценозы, в которых человек создает почвенную и климатическую среду, совершенно отличную от присущей данной местности (например, тепличные культуры).

Данная классификация заслуживает внимания, хотя из-за громоздкости терминологии не получила широкого применения.

Русский и советский ботаник, геоботаник, эколог растений и географ Л. Г. Раменский [19] делил сеяную растительность в зависимости от применяемых культурных режимов на: 1) *полукультурную*; 2) *культурную*; 3) *интенсивно-культурную* (рис. 2).



Рис. 2. Классификация сеяной растительности Л. Г. Раменского

К *полукультурным* фитоценозам Л. Г. Раменский относил естественные леса и луга в условиях правильного хозяйственного использования. По мнению Л. Г. Раменского, в них влияние ценоза, т. е. ценозообразующая роль самой растительности, переплетается с культурными, в основном непрямыми, воздействиями человека. Например, проведение рубок ухода в лесном фитоценозе, а также использование удобрений в луговом фитоценозе.

К *культурным* фитоценозам Л. Г. Раменский относил: сажные леса; культурные луга и пастбища, на которых производится, например, подсев трав и другие мероприятия; сеяные луга в условиях ухода и поверхностного улучшения; краткосрочные посевы трав; отчасти озимые посевы (непропалываемые), считая, что во всех этих случаях имеет место влияние ценоза.

К *интенсивно-культурным* ценозам Л. Г. Раменский относил: огороды, однолетние полевые культуры, особенно пропашные, где, с точки зрения ученого, влияние ценоза ничтожно, поскольку данные посевы и посадки регулируются человеком.

По мнению А. А. Часовенной [8, с. 6], в данной классификации недооценивается роль внутривидовых отношений культурных растений, их возможность влиять друг на друга не только надземными, но и подземными частями и т. д.

Советские геоботаник А. Д. Фурсаев и генетик С. С. Хохлов [20] подразделяли все фитоценозы по интенсивности воздействий человека на них на пять групп: 1) *девственные* – не подвергающиеся воздействию человека; 2) *естественные* – подвергающиеся непроизвольному воздействию человека; 3) *окультуренные* – в той или иной мере видоизмененные человеком; 4) *полукультурные* – сознательно создаваемые на месте естественных, но не регулируемые постоянно человеком (сеяные луга, искусственные лесные насаждения); 5) *культурные* – создаваемые и повседневно регулируемые (сады, посевы и посадки полевых и огородных культур) (рис. 3).



Рис. 3. Классификация фитоценозов А. Д. Фурсаева и С. С. Хохлова

*Культурные* фитоценозы данные ученые делят на ценозы *гомофитного* состава (из одного вида) и *гетерофитного* состава (из нескольких видов).

Б. А. Быков [21, с. 11, 12] называл все сообщества, создаваемые искусственно, – *агроценозы* (*агрофитоценозы*, *культурфитоценозы*). Он различал следующие *агроценозы*: 1) *окультуренные* – естественные, видоизмененные интенсивным использованием (например, планомерно эксплуатируемые леса и луга); 2) *полукультурные* – искусственные сообщества, развитие которых планомерно



но не регулируется (например, искусственные лесные насаждения, сеяные многолетние луга); 3) *культурные агроценозы* – искусственные сообщества, развитие которых повседневно регулируется человеком (сады, плантации, посевы); 4) *интенсивно-культурные агроценозы* – искусственные сообщества, для которых создается и постоянно регулируется не только почвенная, но и воздушная среда (рис. 4).

*Интенсивно-культурные агроценозы*, по Б. А. Быкову, соответствуют *ландшафтнзидепендентным* культурфитоценозам Ю. П. Бялловича, рассмотренным выше.



Рис. 4. Классификация искусственно создаваемых сообществ Б. А. Быкова

Однако, по мнению А. А. Часовенной [8, с. 7], нельзя согласиться с Б. А. Быковым в приравнивании КФ к АФ, так как не все культивируемые сообщества можно отнести к АФ.

### Глава 3

## МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ И ИЗУЧЕНИЯ КУЛЬТУРФИТОЦЕНОЗОВ НА ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

Для восстановления нарушенных территорий и предотвращения вредного влияния их на природную среду проводится рекультивация, в процессе которой всегда учитывается мотивированное формирование ландшафта и создание определенной природной среды. При этом зачастую не ставится задача восстановления первоначального состояния природной обстановки и видов земельных угодий, а обычно достигается гармоничное разрешение многих вопросов экологического и социального порядков.

Рекультивация земель, нарушенных промышленностью, включает комплекс технических и биологических мероприятий, имеющих целью создание и ускоренное формирование на площадях, испытавших техногенное воздействие, оптимальных культурных ландшафтов с продуктивным покровом.

Конечной целью биологической рекультивации является создание на поверхности отвалов продуктивных биогеоценозов преимущественно сельскохозяйственного, или лесохозяйственного, или санитарно-гигиенического назначения для озеленения с целью оздоровления условий окружающей среды.

Объектом для создания КФ являются трудные для озеленения территории, нарушенные при открытых горных работах угольной, железорудной, меднорудной и других отраслей добывающей промышленности, а также пылящие и зачастую токсичные массивы отвалов перерабатывающей промышленности (золоотвалы, хвостохранилища, шламохранилища и т. д.).

Несмотря на разнотипность отвалов, различия в водно-физических и химических свойствах, структуре субстратов и т. п., им всем присущи общие черты: неблагоприятные водно-физические свойства, бесструктурность, отсутствие азота, недостаточное для растений количество фосфора, калия. Все это требует специальных мероприятий по улучшению свойств субстратов как среды обитания растений.

**Технический этап рекультивации** включает в себя работы по планировке поверхности отвалов (созданию рельефа), нанесению плодородного или потенциально плодородного слоя, внесению основного минерального удобрения.

**Биологический этап рекультивации** включает в себя подбор и посев многолетних трав, посадку древесных и кустарниковых видов, уход за ними.

Сотрудниками лаборатории промышленной ботаники были отобраны из 200 видов многолетних и однолетних травянистых и древесных растений

около 30 наиболее стойких и перспективных, которые рекомендуются для посевов и посадок на отвалах. В числе их хозяйственно-ценные растения – представители бобовых (сем. Fabaceae): *Medicago media* Pers., *Onobrychis arenaria* (Kit.) DC., *Amoria repens* (L.) C. Presl, *Trifolium pratense* L. – и злаков (сем. Poaceae): *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Dactylis glomerata* L. и др.

В ходе длительных исследований была доказана возможность улучшения свойств субстратов с помощью различных приемов. Исходя из местных особенностей расположения отвалов возможны следующие основные приемы обогащения поверхности необходимыми для роста и развития растений питательными веществами [22, с. 9]:

1. Прием «землевания» – нанесение на поверхность отвалов почвы, торфа или потенциально плодородного грунта, толщина слоя которых может колебаться от 2–4 см (на золоотвалах) до 20–50 см и более (на породных отвалах). При «землевании» поверхность отвалов может покрываться как равномерно по всей площади, так и полосами, причем полосы с покрытием шириной 6–10 м каждая чередуются с такими же по размеру полосами без покрытия. Оба типа полос располагаются поперек господствующего направления ветров. Полосы с покрытием засеваются многолетними травами, также практикуются посадки деревьев и кустарников. Такой способ покрытия дает экономию как посевного и посадочного материала, так и «почвенного» покрытия.

2. Внесение полного минерального удобрения (NPK) с учетом имеющегося содержания питательных веществ в субстрате, слагающем отвал. Процедуру следует разделить на 2 этапа: осенью внести фосфорные и калийные удобрения из расчета 60–90 кг действующего вещества (ДВ) на 1 га; весной внести азотные удобрения – 90–120 кг/га из расчета 30–45 кг ДВ на 1 га. Ежегодная подкормка посевов способствует лучшему развитию культур и скорейшему задерживанию отвалов.

3. Полив поверхности отвалов, в частности золоотвалов, в течение вегетационного периода сточными водами (после прохождения их через очистные сооружения). Состав применяемых сточных вод должен соответствовать нормам санитарно-эпидемиологической службы по содержанию вредных веществ. Полив следует проводить как до посева, так и после, начиная с 10-го дня после посева, в течение всего вегетационного периода (с мая по сентябрь) из расчета 200–500 м<sup>3</sup>/га за один раз, согласуя его с фазами развития растений.

## Агротехника посева

Предпосевная обработка подготовленных площадей в зависимости от вида освоения, свойств субстрата может включать как безотвальную вспашку с почвоуглубителем, так и дискование или боронование тяжелыми боронами в 2–4 следа.

**Подготовка семян.** Семена злаковых трав не требуют предварительной обработки, но для улучшения всхожести их можно подвергнуть воздушно-тепловому обогреву.

Семена бобовых по правилам следует подвергать скарификации. Но как показал наш опыт, при посеве на отвалах этот прием можно не проводить, так как семена, не проросшие в первый год, пополняют количество растений в последующие годы. Хорошие результаты дает обработка семян бобовых бактериальными удобрениями, в частности нитрагином, из расчета 1 кг (2 бутылки) на рекомендуемую гектарную норму высева семян.

**Сроки посева.** Посев семян проводится или рано весной – с 25 апреля до 15 мая или летом – с 20 июля по 10 августа, т. е. в период выпадения осадков.

Посев семян можно проводить как вручную, так и механизированным способом с использованием зернотравяной (СЗТ–47) или овощной (СОН–2,8) сеялки с последующим боронованием и прикатыванием гладким катком.

**Глубина заделки семян.** Мелкие семена заделываются на глубину 1–2 см, крупные – 3–4 см [22, с. 10].

После заделки семян субстрат прикатывают легкими катками.

## **Ассортимент растений и агротехнические приемы создания растительного покрова на техногенных отвалах**

Для создания на отвалах травяного покрова санитарно-гигиенического назначения следует использовать виды многолетних растений, способные быстро формировать дернину и прекращать дефляцию субстратов. К таким видам из злаков относятся: *Festuca rubra* L., *Poa pratensis* L., *Bromopsis inermis*, *Agrostis gigantea* Roth. Из бобовых целесообразно вводить *Melilotus albus* Medik. и *M. officinalis* (L.) Pall. – двулетние растения, обладающие хорошим семенным возобновлением.

При создании травяного покрова хозяйственного значения включаются высокопродуктивные кормовые культуры *Bromopsis inermis*, *Festuca pratensis* Huds., *Agropyron cristatum* (L.) Beauv. subsp. *pectinatum* (Bieb.) Tzvel., *Elymus fibrosus* (Schrenk) Tzvel., *Medicago media*, *Onobrychis arenaria* (табл. 1).

*Agropyron cristatum* (L.) Beauv. subsp. *pectinatum* (Bieb.) Tzvel. в дальнейшем был выделен в отдельный вид *Agropyron pectinatum* (Bieb.) Beauv. [23, с. 842; 24, с. 340].

В ассортимент включены только те растения, которые дали положительный результат на ряде техногенных отвалов.

**Норма высева семян.** Для фитомелиорации отвалов норму высева семян многолетних трав следует увеличивать в 2–4 раза по сравнению с обычной полевой в связи с неблагоприятными водно-физическими и агрохимическими свойствами субстратов отвалов. Кроме того, норма высева семян должна устанавливаться с учетом хозяйственной годности семян.

**Ассортимент многолетних травянистых растений**  
[22, с. 11]

Вид	Обычная полевая норма высева, кг/га
Poaceae Barnhart	
<i>Dactylis glomerata</i> L.	12–15
<i>Agropyron pectinatum</i> (Bieb.) Beauv.	10–12
<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub	20–25
<i>Festuca rubra</i> L.	12–15
<i>Festuca pratensis</i> Huds.	12–15
<i>Elymus trachycaulus</i> (Link) Gould ex Shinnars	20–25
<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	10–15
<i>Lolium perenne</i> L.	15–25
<i>Elymus fibrosus</i> (Schrenk) Tzvel.	12–15
<i>Phleum pratense</i> L. Fabaceae Lindl.	8–12
<i>Melilotus albus</i> Medik.	15–20
<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	15–20
<i>Trifolium pratense</i> L.	12–16
<i>Amoria repens</i> (L.) C. Presl	8–10
<i>Medicago falcata</i> L.	10–15
<i>Medicago media</i> Pers.	10–15
<i>Lupinus polyphyllus</i> Lindl.	30–40
<i>Onobrychis arenaria</i> (Kit.) DC.	70–80

Для создания на отвалах декоративных пятен пригодны однолетние цветочные культуры: *Lupinus mutabilis* Sweet, *Cosmos bipinnatus* Cav., *Calendula officinalis* L., *Zinnia elegans* Jacq., *Centaurea cyanus* L. и др.

Одновременно с посевом многолетних трав следует проводить посадку деревьев и кустарников, формируя из них защитные полосы или небольшие «колки», что будет способствовать накоплению снега, уменьшению водной и ветровой эрозии поверхности отвалов. Для этого рекомендуются следующие деревья

и кустарники: *Populus balsamifera* L., *P. tremula* L., *Malus baccata* (L.) Borkh., *Betula pendula* Roth, *B. pubescens* Ehrh., *Salix caprea* L., *S. pentandra* L. и др., *Pinus sylvestris* L., *Caragana arborescens* Lam., *Rosa majalis* Herrm., *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Wołoszcz.) Klasková, *Rubus idaeus* L., *Hippophaë rhamnoides* L., *Ribes aureum* Pursh, *Acer negundo* L., *Elaeagnus angustifolia* L.

Посадку древесных и кустарниковых видов на отвалах проводят в ямки или траншеи с внесением плодородной почвы.

КФ, формируемые на отвалах путем посева многолетних трав, уже на третий год жизни дают прочную дернину, сомкнутый травостой и пригодны для сенокосения. Урожайность сена трав злаков колеблется от 10,5 до 26 ц/га; бобовых – от 20 до 45,5 ц/га [22, с. 12].

В настоящее время сотрудниками лаборатории антропогенной динамики экосистем, созданной на базе лаборатории промышленной ботаники, обследовано и рекогносцировочно изучено около 30 тыс. га отвалов, из которых более 2 тыс. га по рекомендации лаборатории рекультивировано и используются как сенокосные угодья.

Проводимая рекультивация нарушенных территорий позволяет существенно сократить потери всех земельных угодий и имеет важное значение для охраны окружающей природной среды.

### **Эколого-биологические особенности многолетних трав-рекультивантов**

***Festuca pratensis* Huds.** (овсяница луговая) – высокорослый многолетний рыхлокустовый злак. Влаголюбивое растение, на засухи реагирует отрицательно. Выносит длительное затопление талыми водами. Морозостойкая, хорошо переносит поздние весенние заморозки.

*Festuca pratensis* является хорошим структурообразователем почвы, она имеет мочковатую корневую систему, которая располагается главным образом в 25–30-сантиметровом слое почвы. В условиях лесной зоны на подзолистых почвах ее корневая система достигает 160 см. Масса корней у *Festuca* превышает надземную массу. Данный вид предпочитает богатые, суглинистые, умеренно влажные почвы. Меньшее распространение имеет на супесчаных и песчаных почвах.

Развитие *Festuca pratensis* протекает следующим образом: процесс кущения начинается примерно через месяц после появления всходов. К концу вегетационного периода в одном кусте образуется в среднем по 5 побегов. В год посева обычно не дает генеративных побегов. Лучшего развития достигает на 2–3-й год после посева. Начиная с 4-го года энергия кущения снижается.

*Festuca pratensis* относится к злакам с медленным типом развития. При посеве в травостоях держится 7–8 лет; внесением удобрений и соответствующим уходом срок пребывания в травостое может быть продлен до 12–15 лет и более.

*Festuca pratensis* является районированным для Свердловской области видом луговых злаковых трав, рекомендуется в качестве компонента травосмесей на земельных участках с достаточным увлажнением и для устройства газонов. По данным В. И. Ерохиной [25], *Festuca* газоустойчива к выбросам различных предприятий.

***Festuca arundinacea* Schreb.** (овсяница тростниковая) – многолетний верховой злак до 1,5 м высотой. Верховые травы отличаются высокими побегами (100 см и более), крупными листьями, незначительной кустистостью. Область распространения: почти вся Западная Европа, Прибалтика, запад и юг России, Крым, Кавказ, Северная Африка. *Festuca arundinacea* перспективна для создания газонов на тяжелых по механическому составу почвах [26]. Введена в культуру в США.

*Festuca arundinacea* успешно применялась при создании устойчивых высокопродуктивных сообществ на отвалах угольных разрезов в лесостепной зоне Кузнецкой котловины Кузбасса и была рекомендована к использованию при биологической рекультивации спланированных вскрышных отвалов разрезов Кузбасса [27]. Средняя высота травостоя в посевах на отвалах составляла 128,4 см, изменялась от 90 до 180 см [27, с. 68].

Данный вид в чистых посевах является мощным эдификатором уже на начальных этапах формирования АФ, обладает высокой жизненностью и конкурентноспособностью. Агропопуляции *Festuca arundinacea* способны к самоподдержанию семенным путем. Растение относится к злакам с медленным типом развития. При посеве в травостоях держится 10–12 лет.

Для Уральского региона *Festuca arundinacea* является перспективным видом-интродуцентом, но ее акклиматизация еще мало изучена.

***Dactylis glomerata* L.** (ежа сборная) – многолетнее поликарпическое рыхлодерновинное растение с внешневлагищным и внутривлагищным типами возобновления побегов. Стебли имеют высоту 120 см и более, хорошо облиственны. Вегетативные побеги розеточные, генеративные – полурозеточные полициклические [28, с. 56]. Развивает мощную корневую систему, которая проникает в почву на 1 м и глубже, но основная масса корней расположена в верхнем слое почвы.

Интенсивное побегообразование наблюдается преимущественно весной перед цветением и в конце вегетационного периода. Зона кущения расположена близко к поверхности почвы [29, с. 130].

Засухоустойчивость и зимостойкость *Dactylis glomerata* сравнительно невысокие. Лучше всего растет на суглинистых почвах, богатых перегноем, на кислых и заболоченных почвах выращивать ее не удастся [30].

Дает высокие урожаи при достаточном увлажнении, но не выносит длительного затопления. В травостое сохраняется до 8 лет. Наиболее высокие урожаи получают на второй и третий год жизни. Урожай сухой массы достигает



50–60 ц/га. Отличное кормовое растение, широко используется при создании искусственных сенокосов и пастбищ.

***Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub** (кострец безостый) – самый ценный в кормовом и мелиоративном отношении корневищный злак. В диком состоянии широко распространен на природных лугах Урала. Часто поселяется естественным путем на отвалах горнодобывающей промышленности благодаря своей широкой пластичности и приспособляемости.

Корневая система мочковатая, мощная, с ползучими корневищами, с помощью которых *Bromopsis* легко размножается. К почвам нетребователен, однако плохо переносит кислые и переувлажненные. Хорошо произрастает на рыхлых аэрируемых субстратах. Возделывается во всех зонах, как в одновидовых посевах, так и в сложных травосмесях. После сенокосения и стравливания посевы *Bromopsis* отрастают хорошо.

*Bromopsis inermis* высокоморозостоек [31, с. 49]. При весеннем отрастании переносит заморозки до минус 18–20 °С. По зимостойкости превосходит все посевные злаковые травы [32, с. 19]. Переносит и резкую смену температуры в весенний и осенний периоды.

Его относят к засухоустойчивым культурам. Наибольшая масса корней сосредоточена на глубине 30–40 см [32, с. 17]. Мощно развитая корневая система позволяет добывать влагу из глубоких слоев (до 200 см) и благодаря этому переносить засуху. По устойчивости к засухе он превосходит *Phleum pratense*, *Festuca pratensis* и другие злаки. Выносит затопление весенними полыми водами до 50 дней [21, с. 49].

Биологической особенностью *Bromopsis inermis* является его долговечность. В травостое держится до 12 лет и более.

*Bromopsis inermis* – светолюбивая культура, сильно угнетается высокостебельными растениями. Имеет высокую полевую всхожесть семян. Растет в год посева довольно быстро. Размножается в травостое как семенным, так и вегетативным путем.

*Bromopsis inermis* обладает исключительной побегообразовательной способностью. Накапливая большое количество корней и корневищ, данный вид способствует восстановлению структуры почвы и повышению ее плодородия. Наиболее интенсивно побегообразование идет на второй-третий год жизни. Интенсивность кущения *Bromopsis* зависит от условий произрастания, метеорологических факторов и возраста. Решающее значение в кущении имеет обеспеченность растения азотом и влагой [33].

*Bromopsis inermis* является перекрестноопыляющимся растением, его семенная продуктивность довольно высока [34; 35, с. 130]. Семена, собранные при полной уборочной готовности, являются физиологически недозрелыми. Они проходят период послеуборочного покоя. Продолжительность этого периода составляет от 1 до 1,5 месяца [32, с. 23].

*Bromopsis inermis* рекомендован для биологической рекультивации промышленных отвалов, в том числе при закреплении склоновых поверхностей [36, с. 20].

***Elymus fibrosus* (Schrenk) Tzvel.** (пырейник волокнистый, ранее – регнерия волокнистая) – многолетний рыхлокустовой кормовой злак ярового типа развития.

Корневая система мочковатая, корни волокнистые. Корневая масса значительная, располагается главным образом в верхних горизонтах почвы. Уже в первый год жизни *Elymus fibrosus* развивается быстро. Весной отрастает раньше других злаков. По ходу развития в течение вегетационного периода *Elymus* может считаться растением ранне-среднеспелым. В травостоях держится 5 лет и более.

*Elymus fibrosus* является перспективным видом для создания сеяных лугов в условиях Свердловской области: урожаен, засухоустойчив, зимостоек. По своим хозяйственно-ценным признакам превосходит пырей бескорневищный. Вполне целесообразно *Elymus fibrosus* использовать в качестве одного из компонентов травосмесей на земельных участках с недостаточным увлажнением и с засоленными почвами [32, с. 50].

***Phleum pratense* L.** (тимopheвка луговая) является важнейшим по кормовой ценности многолетним, поздноцветущим, высокорослым (до 140 см), рыхлокустовым злаком ярового типа развития; обладает неглубокой, но мощной мочковатой корневой системой, способствующей образованию структуры верхних горизонтов почвы [37, с. 132, 135].

*Phleum pratense* хорошо переносит низкие температуры и суровые зимы. Кормовая ценность, урожайность, долговечность хорошо проявляются при возделывании в условиях более обильного увлажнения и питания. Наиболее мощного развития *Phleum* достигает на 2–3-й год жизни, но может существовать до 10 лет и давать высокие урожаи сена. На сухих землях продуктивность и долговечность *Phleum pratense*, а также ее кормовое достоинство снижаются. Это объясняется тем, что корневая система развивается в основном только в верхних слоях почвы.

В природных условиях данный вид имеет особо массовое распространение в поймах рек, где почвы богаты питательными веществами, и на умеренно влажных и низинных лугах с перегнойной почвой. Здесь *Phleum* сохраняется в течение 10 и более лет; предпочитает суглинистые и глинистые почвы, плохо переносит песчаные и супесчаные. Удовлетворительно развивается на подзолистых почвах, низинных лугах и осушенных болотах [31, с. 36].

*Phleum pratense* – главное растение сенокосных лугов и основной компонент краткосрочных и долгосрочных культурных травосмесей. Рекомендовано для рекультивации нарушенных промышленностью земель [36, с. 24].

***Agropyron pectinatum* (Bieb.) Beauv.** (житняк гребневидный) – верховой рыхлокустовой многолетний злак. Растение высотой 25–75 см, корни мочковатые, достигают глубины до 2,5 м, образует большое количество вегетативных побегов. Колосья густые, но с ясно заметными промежутками между колосками,

продолговато-яйцевидные или яйцевидно-линейные. Ценное кормовое растение, используемое на сенокосах и пастбищах, характеризуется очень высокими кормовыми достоинствами, не боится вытаптывания и стравливания. Засухоустойчивое, выдерживает засоление почвы. Является долголетним растением (до 25 лет) [38, с. 148; 39, с. 841].

Существенной биологической особенностью *Agropyron* является требование пониженных температур как при развитии молодого растения из семени, так и при осеннем кушении. Пониженные температуры весной способствуют также прохождению стадий яровизации стеблями и обильному колошению. Поэтому высокий урожай семян получается при затяжной, холодной весне [40, с. 449]. Весной отрастает рано и быстро, а после укоса на сено или стравливания – очень медленно. После первого укоса на сено дает небольшую отаву, но во втором укосе даже при благоприятных условиях не колосится. Ценное кормовое растение, используется для создания культурных и сеянных сенокосов и пастбищ. Характеризуется очень высокими кормовыми достоинствами [37, с. 660]. Сено лучшего качества получается при скашивании в начале колошения. Является долголетним растением (до 25 лет) [40, с. 450].

Преимущественно европейский вид, встречающийся также в Средней и Малой Азии, на Кавказе. Культивируется и занесен во многие внетропические страны. В России распространен в южной половине европейской части и на юге Сибири. В Средней России встречается преимущественно в черноземной полосе, севернее – как заносное растение.

Растет в степях, на сухих полянах и лугах, по обнажениям мела и известняка, насыпям, на лесных полянах, часто в качестве интродуcentного или заносного растения – у дорог, в населенных пунктах, на окраинах полей [38, с. 148].

***Amoria repens* (L.) C. Presl** (клевер ползучий, ранее – клевер белый) – низкорослое растение со стелющимся стеблем. Корневая система сильно разветвленная, но менее развитая, чем у других клеверов. Основная масса корней находится в естественной почве на глубине 40–50 см. К почвенным условиям не особенно требователен, хорошо развивается как на минеральных, так и на торфяных почвах. Менее чувствителен к почвенной реакции, чем другие клевера, но очень кислых почв избегает.

*Amoria repens* относится к влаголюбивым растениям, хорошо растет при достаточном и даже обильном увлажнении. Засуху переносит, но вследствие неглубокой корневой системы от длительной засухи страдает. На очень сухих почвах клевер ползучий растет плохо. Холода и суровые зимы выносит хорошо.

В год посева развивается быстро и энергично, но обычно не цветет. Полного развития достигает на 2–3-й год жизни. Данный вид очень долговечен в естественном состоянии, но при высевах в смесях может на 4–5-й год изреживаться и выпадать. Характерной особенностью *Amoria repens* является его светолюбие. Он не переносит длительного недостатка в освещении, поэтому необходи-

мое условие для поддержания его в посеве – скашивание компонентов травостоя (желательно в фазе колошения).

Участие *Amoria repens* в травостоях повышает содержание азота, окиси кальция и фосфорной кислоты в почве, а также содержание протеина в других компонентах травостоя, положительно действует на температуру почвы, уменьшает эрозию почвы. При комбинированном использовании *Amoria repens* энергично отрастает в отаве [41, с. 655].

***Amoria hybrida* (L.) C. Presl** (клевер гибридный, розовый, шведский) – двулетняя или многолетняя моно-, ди- или поликарпическая стержнекорневая трава. При повышенном увлажнении хорошо развиваются придаточные корни. Гемикриптофит. Главный корень имеет длину до 50 см и развитые боковые корни. Клубеньки обычно появляются сначала на главном корне, а при образовании третьего листа – на боковых. Основная масса клубеньков сосредоточена на боковых корнях [42, с. 61].

Введен в культуру. Используется в качестве компонента в травосмесях со злаковыми травами. Применяется в посевах в качестве мелиорирующей культуры на тяжелых глинистых субстратах нарушенных земель [36, с. 18].

В посевах живет до 4–5 лет. Наибольшее развитие достигает на второй год жизни. *Amoria hybrida* хорошо переносит избыток влаги, может произрастать даже на избыточно увлажненных почвах при неглубоком залегании грунтовых вод, на болотах, тяжелых глинистых, сырых холодных и кислых почвах, но не выносит легких сухих почв.

Отличается повышенной зимостойкостью и холодостойкостью. На естественных кормовых угодьях произрастает главным образом в лесной и лесостепной зонах [32, с. 86].

***Onobrychis arenaria* (Kit.) DC.** (эспарцет песчаный) – многолетнее травянистое растение. Корневая система стержневая, глубоко (на 4–5 м) проникающая в почву. Почки возобновления располагаются в основаниях побегов. Также почки имеются в пазухах листьев. Ежегодно образуются однолетние удлинённые побеги. Стебли с одревесневающим основанием, изредка полые, зеленые, прямые или восходящие, достигающие 30–60 см в высоту (редко до 80 см), бороздчатые, обычно прижатоопушенные.

*Onobrychis arenaria* менее, чем *Medicago*, требователен к почвам и отличается способностью усваивать труднорастворимые питательные вещества. Он хорошо растет на песчаных и супесчаных почвах и на всех типах карбонатных почв. Кислых почв не переносит. Выдерживает засоление. Семена *Onobrychis* начинают прорастать при температуре 1–2 °С, оптимальная температура 18–25 °С. Зимостойкость и засухоустойчивость *Onobrychis* высокие. Ценное кормовое растение. Отавность плохая. Плохо переносит выпас [41, с. 769].

***Melilotus officinalis* (L.) Pall.** (донник лекарственный, желтый) – двулетнее травянистое растение. Корень стержневой. Развивает прямостоячий ветвистый стебель высотой 1–1,5 м (в культуре – 1,5–2 м).

*Melilotus officinalis* засухоустойчив, солевынослив, плохо переносит избыточное увлажнение. Почвоулучшитель. Используется как зеленое удобрение [41, с. 620].

***Medicago media Pers.*** (люцерна синегибридная) – многолетнее травянистое растение с мощной, развитой корневой системой. Гибрид *Medicago falcata* и *Medicago sativa* L. Гибридные *Medicago* отличаются высокой адаптивностью и являются устойчивыми, высокоурожайными формами [43, с. 12].

***Medicago falcata* L.** (люцерна желтая) – многолетнее травянистое растение с мощной, развитой корневой системой. Встречаются стержнекорневые, корневишные и корнеотпрысковые формы в зависимости от условий обитания вида. Стебли многочисленные, восходящие, прямые или простертые, высотой (20) 40–80 (150) см, слабоволосистые или голые.

*Medicago falcata* – морозостойкая, холодостойкая, выдерживающая кратковременные заморозки (до  $-5^{\circ}\text{C}$ ) весной и осенью, скороспелая, влаголюбивая и в то же время устойчивая к летним засухам. Данный вид успешно растет на плодородных, рыхлых, водопроницаемых, слабокислых и нейтральных почвах, различных по механическому составу [41, с. 595].

## Методы изучения культурфитоценозов на техногенных объектах

Программа и направления комплексных исследований фитоценозов, в том числе КФ, техногенных ландшафтов опубликованы нами ранее [44–46].

Исследование растительности КФ может производиться в трех направлениях – маршрутном, полустационарном и стационарном, с применением общепринятых геоботанических методик. Особенно большое значение имеют экспериментальные методы исследований [8, с. 155].

По степени детализации проводимых работ маршрутные исследования делятся на маршрутно-рекогносцировочные и детально-маршрутные. Целью маршрутно-рекогносцировочных исследований является получение представлений о закономерностях развития культивируемой растительности. Данные исследования производятся путем заложения серии ходов с расчетом охвата разнообразия местообитаний, с учетом особенностей рельефа и т. д. Целью детальных маршрутных исследований является получение более подробного и глубокого материала, характеризующего КФ. Для этого широко применяются разнообразные геоботанические методы: описание пробных площадей, трансект, картирование растительности и др. Степень детальности исследований зависит от задач, стоящих перед исследователем [8, с. 155].

Полустационарные (кратковременные) исследования проводятся на более ограниченной территории. Цель таких исследований – всестороннее изучение растительности и условий местообитания, а также более крупномасштабное картирование КФ.

Стационарные и экспериментальные исследования (чаще многолетние) проводятся на участках с экспериментальными или производственными посевами и посадками определенных культур. В условиях стационара изучают флористический состав, структуру и динамику ценоза, биологию и экологию культивируемых видов и т. д.

При мониторинговых исследованиях проводится инвентаризационное обследование КФ. Составляется описание КФ, в котором отражаются следующие показатели [8, с. 156–159]:

1. *№ и дата описания.*
2. *Название КФ.* При составлении названия КФ учитывают как культивируемые растения, так и наиболее характерные, индицирующие условия среды виды сорных растений.
3. *История КФ.*
4. *Размер пробной площади и ценоза.*
5. *Географическое местоположение.*
6. *Местообитание* (положение в рельефе, экологические условия и т. д.).
7. *Экспозиция и крутизна склона или глубина понижений, место данного сообщества в экологическом ряду.*
8. *Микрорельеф.*
9. *Характеристика субстрата.* Образцы грунта для агрохимических анализов отбирают с глубины 0–2, 2–10 и 10–20 см.
10. *Условия увлажнения субстрата.*
11. *Общее проективное покрытие травянистыми видами (ОПП).*
12. *Проективное покрытие культурными растениями (ППК).*
13. *Проективное покрытие сорными растениями.*
14. *Общая характеристика травянистого ценоза или посадок.* При этом отмечают: общий облик, аспективность, преобладающие виды, равномерность распространения культурных и сорных растений, высоту растений, их состояние.
15. *Ярусы и синузии.* Для установления вериткального сложения травостоя в период полного развития растений проводится учет надземной массы по горизонтальным в 10 см или 20 см [8, с. 157; 47].
16. *Перечень всех видов на пробной площади с указанием: названия растения, его высоты, см; фенофазы; обилия по Друде; проективного покрытия конкретного вида (ПП); жизненности.*

17. *Плотность КФ.* Плотность травостоя определяют путем подсчета числа побегов или особей культурных и сорных растений на площадках ( $S = 0,25 \text{ м}^2$ ), заложенных по углам и в середине пробной площади, в 5-кратной повторности. Данные заносят в таблицу (табл. 2).

Полученные данные показывают степень диффузности распространения растений на площади, занимаемой ценозом. Метод прямого подсчета числа растений на единице площади используется также для определения количественных соотношений видов в ценозе.



Т а б л и ц а 2

№ п/п	Название растений	Количество побегов/особей на площадках					Среднее количество побегов/особей	
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	на 1 м <sup>2</sup>	на 1 га

18. *Тип пространственного размещения видов.* Существует несколько методов изучения горизонтальной структуры ценопопуляций (ЦП) видов в ценозе, например, отношение дисперсии к среднему арифметическому [27, с. 28; 46, с. 28].

19. *Учет надземной фитомассы.* Определяют продуктивность посевов культивируемых видов по общепринятым методикам (в июле), проводят повидовые укосы в 4–10-кратной повторности для учета надземной фитомассы и состава хозяйственно-ботанических групп. Для этого на каждой учетной площадке на уровне поверхности почвы срезают весь травостой и разбирают его по видам или по фракциям и взвешивают в сыром, а в последующем в воздушно-сухом состоянии.

20. *Учет подземной фитомассы* травостоя (запасов корней) проводят с помощью отбора монолитов в 3-кратной повторности по слоям 0–10, 10–20, 20–30 см и т. д.

21. *Жизненность растений.* Этот показатель определяют после проведения морфологического анализа растений. Для морфологического анализа отбирают побеги или особи исследуемых видов в количестве 25–100 шт. Основными параметрами оценки жизненности являются: высота растения (см), количество листьев (шт.), количество соцветий (шт.), количество цветков (шт.), количество семян (плодов) (шт.), масса семян (плодов) (г), масса надземной части (г), масса подземной части (г).

22. *Встречаемость видов.* Оценивается коэффициент встречаемости и класс постоянства видов на учетных площадках ( $S = 0,25 \text{ м}^2$ ) по методу Раункиера.

После камеральной обработки собранного материала на основе данных точного учета определяют [48, с. 48]:

а) численность: 
$$\frac{\text{общее число особей данного вида}}{\text{общее число учетных площадок}};$$

б) встречаемость: 
$$\frac{\text{число занятых площадок данным видом}}{\text{общее число учетных площадок}} \times 100;$$



в) среднее число видов на 1 м<sup>2</sup>:  $\frac{\text{общее число видов в ценозе}}{\text{общее число учетных площадок}}$ ;

г) коэффициент рассеяния:  $\frac{\text{общее число видов в ценозе}}{\text{среднее число видов на 1 м}^2}$ ;

д) коэффициент пестроты сложения:  $\frac{\text{среднее число видов на 1 м}^2}{\text{общее число видов в ценозе}} \times 100$ ;

е) видовое обилие:  $\frac{\text{среднее число особей данного вида на 1 м}^2}{\text{среднее число особей растений на 1 м}^2}$ ;

ж) засоренность КФ:  $\frac{\text{среднее число сорняков на 1 м}^2}{\text{среднее число всех растений на 1 м}^2} \times 100$ .

## ГЛАВА 4

# **ОПЫТ СОЗДАНИЯ И ИЗУЧЕНИЯ КУЛЬТУРФИТОЦЕНОЗОВ ПРИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ, НАРУШЕННЫХ ДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ УРАЛА**

В горнодобывающую промышленность входит множество отдельных производств, осуществляющих разработку полезных ископаемых: угля, глины, асбеста, слюды, графита, известняка, железной руды, благородных и базовых металлов, а также всевозможных минеральных материалов, применяющихся в строительстве. Добыча ведется в шахтах (подземный способ) и открытым карьерным способом. От 50 до 85 % всей горной массы, извлекаемой на поверхность, перемещается в отвалы.

Открытые горные работы сопровождаются наиболее существенными нарушениями ландшафта и гидрологических условий района разработок и нарушением или полной утратой почвенного и растительного покровов на значительных территориях.

Под отвалами заняты огромные площади ценных земель, которые находятся в непосредственной близости от населенных пунктов, а иногда в пределах городской черты. Эти отвалы не только сокращают площади сельскохозяйственных угодий, но и являются источниками различных загрязняющих веществ, которые развеиваются ветрами, повышая запыленность атмосферы, угнетающе действуют на растительность прилегающих территорий, загрязняют почвенный покров и поверхностные воды. Поэтому размещение отвалов, их рациональное использование, изучение формирования на них растительности и рекультивация ландшафтов в районах горных выработок являются важнейшими задачами.

Наши исследования проводились на землях, нарушенных предприятиями горнодобывающей промышленности, расположенными на Среднем и Южном Урале.

На Урале наиболее значимыми являются Серовский угленосный район (СУР) и Челябинский угольный бассейн (ЧУБ). Предметом изучения являются открытые разработки.

Для угольных месторождений Урала можно отметить некоторые общие, обусловленные климатическими особенностями черты: умеренный температурный режим; достаточное увлажнение (даже для лесостепной зоны в отдельные годы его можно охарактеризовать как умеренное). Как в СУР (Веселовское и Богословское месторождения), так и в ЧУБ рассматриваются внешние отвалы, образованные при открытом способе добычи. Для данных районов характерно практически полное отсутствие на предприятиях почвы и даже потенциально

плодородных пород для целей биологической рекультивации. Значительные площади на изученных месторождениях составляют старые отвалы и другие типы нарушенных земель (верхние уступы разрезов), где длительное время (несколько десятков лет) происходит процесс естественного восстановления почвенного и растительного покровов. Эти отвалы чаще всего сложены смесью пригодных потенциально плодородных пород верхних горизонтов вскрыши.

В то же время проведение биологической рекультивации в этих угольных районах будет иметь некоторые отличия. Они сводятся к тому, что для отвалов Веселовского и Богословского месторождений характерен промывной тип водного режима, а в ЧУБ возможно на части отвалов формирование выпотного типа водного режима в более засушливых условиях. Они отличаются по относительному участию группы непригодных для биологической рекультивации пород: на поверхности отвалов Веселовского и Богословского месторождений преимущественно встречаются известняки и песчаники прочной цементации, продукты выветривания которых относятся к группе малопригодных пород; а для ЧУБ характерна значительная масса непригодных по химическим свойствам пород (пиритсодержащих, сильнозасоленных и др.), которые часто выносятся на поверхность отвалов, затрудняя и усложняя их биологическое освоение. Это нашло отражение в разработанных блок-схемах биологической рекультивации отвалов Веселовского и Богословского угольных месторождений и ЧУБ [49, с. 550].

**Классификация пород.** Все породы, слагающие отвалы, подразделяются на три группы.

Группа I: а) пригодные (плодородные, есть плодородный слой почвы); б) потенциально плодородные четвертичные бурые и темно-бурые суглинки, глины (озерно-болотные), четвертичная глина с линзами аллювиальных четвертичных песков.

Группа II: малоплодородные, нетоксичные, но малопригодные, бедные элементами питания (песчаники слабой цементации и продукты их выветривания, суглинки солонцеватые четвертичные, глины морские третичные, пески кварцевые и полимиктовые, мергелистые третичные аргиллиты и алевролиты на глинистом и карбонатном цементе и продукты их выветривания).

Группа III: непригодные по химическим и физическим свойствам, например, песчаники, конгломераты, алевролиты сидеризированные (сильное засоление и кислотность); диатомиты, опоки, опоковидные глины, глаукониты, кварцевые песчаники на опоковидном цементе (кислые); углистые аргиллиты и алевролиты, углистые сланцы (сульфидные).

Можно отметить, что наиболее предпочтительным для биологической рекультивации является плоский платообразный отвал, поверхность которого сложена грунтосмесью пород I и II групп пригодности. Чаще всего для улучшения свойств субстрата применяются такие способы, как внесение органических и минеральных удобрений, использование микробиологических реагентов,

минимальное «землевание» и др., с учетом конкретных свойств пород и возможностей предприятий. На отвалах, поверхность которых сформирована более чем на 50 % непригодными для биологической рекультивации породами, что характерно для части отвалов ЧУБ, требуется проведение коренной мелиорации, способы которой призваны нейтрализовать отрицательное влияние этих пород и довести хотя бы до уровня группы II – малопригодных.

Мероприятия биологического этапа рекультивации – посев многолетних трав, посадки деревьев и кустарников испытанного и подобранного ассортимента с учетом эдафических и зонально-климатических условий.

На нарушенных землях угольных месторождений Урала основные направления использования рекультивированных площадей – санитарно-гигиеническое, рекреационное, сенокосно-пастбищное, лесохозяйственное. Особый интерес представляет наличие площадей, выделенных в группу не требующих биологической рекультивации, которые на угольных месторождениях Урала составляют от 20 до 30–40 %. Для выделения этих площадей определяющими показателями являлись возраст отвалов и интенсивность естественного восстановления растительного покрова.

**Серовский угленосный район (СУР)** расположен к северу от г. Екатеринбурга в месте перехода восточного склона Урала в Западно-Сибирскую низменность, в таежной зоне, подзоне средней тайги [50].

В тектоническом отношении СУР приурочен к осевой части Нижнетагильского синклинория, месторождения залегают в виде мульды, вытянутых в меридиональном направлении. В геологическом строении района основную роль играют палеозойские породы и покрывающая их толща морских мезокайнозойских осадков и континентальных отложений юры. Вся площадь покрыта мощным чехлом четвертичных образований.

Палеозойские отложения представлены известняками, кремнисто-глинистыми и глинистыми сланцами, реже – песчаниками. Нормальные морские отложения перемежаются с породами изверженного комплекса и их туфами. Мезозойские отложения залегают на палеозойских породах, заполняя в них наиболее пониженные участки депрессии (Волчанская на севере и Богословско-Веселовская на юге).

Низы мезозойских отложений залегают непосредственно на размытой поверхности палеозоя, это в основном бокситовидные и брекчиевидные глины. Выше залегают песчано-глинистые осадки с подчиненными им прослоями и пластами угля. Последние перекрыты кайнозойскими отложениями – озерно-болотными, аллювиальными и деллювиальными образованиями. Наиболее распространены четвертичные отложения озерно-болотных фаций мощностью от 0,2–0,3 до 80–90 м.

Климат СУР характеризуется как умеренно-прохладный, сумма температур выше 10 °С составляет 1400–1600 °С, гидротермический коэффициент (ГТК) –

1,4–1,6, среднегодовое количество осадков – 450 мм, среднегодовая температура – 0,2 °С.

**Челябинский угольный бассейн (ЧУБ)** расположен на восточном склоне Южного Урала параллельно Уральскому хребту. Угленосная полоса простирается на 170 км – от оз. Тишки на севере до р. Уй на юге. Максимальная ширина (14 км) наблюдается в районе р. Миасс, к югу она постепенно суживается до 1,5–0,8 км. Площадь бассейна – 1300 км<sup>2</sup>. Открытые работы сосредоточены в центральной и южной части бассейна. Наиболее крупным месторождением бассейна является Коркинское, разрабатываемое с 1934 г. открытым способом (Коркинский угольный карьер).

Общая геоагрохимическая структура ЧУБ представлена мощным комплексом нижнемезозойских угленосных отложений из малопригодных или фитотоксичных осадочных пород высокой степени литификации. Последние перекрыты горизонтально залегающим чехлом верхнемезозойских и кайнозойских образований, из которых на территории бассейна повсеместно распространены морские соленосные отложения третичного возраста (глины, пески, опоки). Наиболее пригодны для рекультивации четвертичные осадочные породы, представленные озерно-аллювиальными и деллювиальными суглинками, глинами, песками и почвами.

ЧУБ по агроклиматическому районированию находится в пределах лесостепной зоны. По физико-географическому районированию [50] этот район отнесен к предгорной Зауральской равнине (Зауральский пенеппен). Поверхность представляет собой слабохолмистую равнину, имеющую пологий уклон на восток, преобладают небольшие всхолмления и мелкие замкнутые котловины.

На территории ЧУБ климат континентальный, теплый, засушливый, сумма температур выше 10 °С составляет около 2000 °С, ГТК – 0,8–1,0, среднегодовое количество осадков – 400 мм, среднегодовая температура – 1,4–1,5 °С.

### **Отвалы Богословского и Веселовского месторождений**

Вопрос о рекультивации отвалов Богословского и Веселовского месторождений, входящих в состав СУР, особенно остро встал в 1968–1970 гг. К этому времени имелись инструктивные указания по рекультивации, где среди прочих условий предусматривалось обязательное покрытие поверхности рекультивированных отвалов почвой. Поэтому при проведении рекультивационных работ в бассейне основная проблема заключалась в том, что на значительных площадях отвалов (около 2 тыс. га на Богословском и 505 га на Веселовском месторождениях) почва для их покрытия совершенно отсутствовала. Необходимо было изыскать возможность рекультивации без почвенного покрытия.

Отвалы сложены преимущественно аргиллитами в смеси с четвертичными суглинками и глинами. Отсыпка их проводилась в 1947–1950 гг.

Агрохимическое обследование показало, что грунтосмеси отвалов сильно-каменистые, с преобладанием рыхлых пород, слабокислые, бедны азотом, подвижными формами фосфора, достаточно обеспечены обменным калием, не засолены. Содержание углерода невелико.

Наиболее часто на промышленных отвалах фитотоксичность грунтосмесей обуславливается их высокой кислотностью или засоленностью. Грунтосмеси обследованных отвалов можно охарактеризовать как нетоксичные, но малопригодные для биологической рекультивации из-за недостатка подвижных форм основных элементов питания для растений и сильной каменистости.

В то же время в окрестностях г. Карпинска под сельскохозяйственные угодья (посев многолетних трав и *Avena sativa* L.) осваивались почвы на месте вырубки леса и раскорчевки пней. Полученные таким образом земельные участки отличались низким плодородием, сильной каменистостью, высокой кислотностью и малым содержанием гумуса в почве. Сопоставление агрохимических характеристик этих почв и грунтосмесей подлежащих рекультивации отвалов показывало их сходство. Необходима была экспериментальная проверка степени пригодности грунтосмесей отвалов для биологической рекультивации.

Агрохимический анализ образцов показал, что реакция среды находилась в пределах от слабокислой до нейтральной (рН водной суспензии 5,5–7,5). Содержание подвижного  $K_2O$  колебалось от 4,4 до 23 мг на 100 г грунта. Из всех образцов 39 % имели среднюю обеспеченность  $K_2O$ , 22 % – выше средней и 39 % были высоко обеспечены обменным калием. Содержание подвижной  $P_2O_5$  довольно сильно варьировало (от 0 до 30 мг на 100 г грунта). Из всех образцов 43 % были мало обеспечены доступными фосфатами, 43 % – средне обеспечены и 14 % имели высокую обеспеченность. Содержание углерода в образцах колебалось от 0,3 до 11,62 %. Не исключено, что повышенное содержание углерода в некоторых образцах грунта было обусловлено наличием частичек бурого угля.

Анализ образцов, взятых через четыре года на тех же посевах *Bromopsis inermis* (1971 г.), выявил следующее: реакция среды в пределах, необходимых для нормального развития растений, содержание обменного калия и доступных для питания растений фосфатов не изменилось. Строгих закономерностей в распределении элементов питания по горизонтам не наблюдалось (табл. 3).

Нанесение слоя почвы или почвоулучшающего грунта на спланированную поверхность отвалов, предназначенных под сельскохозяйственную рекультивацию, требует больших затрат. Кроме того, на старых карьерах, находящихся в стадии доработки, какими являются уральские буроугольные карьеры, резервы почвы или потенциально плодородного грунта для «землевание» отвалов практически отсутствовали. Площади же отвалов, подлежащих рекультивации, были значительны. В связи с этим в 1967 г. на Богословском буроугольном карьере был

проведен опыт по посеву многолетних трав на спланированной поверхности старых Турьинских отвалов без нанесения слоя почвы или почвоулучшающего грунта. В те же сроки на этих отвалах был проведен производственный посев *Bromopsis inermis* под покров *Avena sativa* и *Triticum aestivum* L. на площади 10 га (табл. 3). Участки отвала перед посевом были очищены от камней, спланированы и вспаханы. При посеве использовались семена *Bromopsis inermis* местной репродукции [51, с. 180].

Т а б л и ц а 3

**Агрохимическая характеристика грунтосмеси  
Турьинских отвалов**

Место отбора образца	Глубина взятия образцов, см	рН		Общий азот (по Несселеру), %	K <sub>2</sub> O	P <sub>5</sub> O	Углерод, %
		водный	солевой		мг/100 г грунта		
Посев <i>Bromopsis inermis</i> 3-го года жизни	0–2	6,8	6,2	0,43	21,0	15,0	5,2
	2–10	6,8	6,5	0,08	20,0	8,7	6,0
	10–20	6,2	4,9	0,40	7,5	10,0	5,9
Посев <i>Bromopsis inermis</i> 5-го года жизни	0–2	7,2	6,8	0,18	22,4	10,0	2,4
	2–10	7,2	6,8	0,19	14,0	7,5	1,6
	10–20	7,5	7,0	0,49	14,6	7,5	2,2

Посев *Bromopsis inermis* в 1967 г. был проведен на опытном участке в трех вариантах: I – без удобрений, II – с внесением аммиачной селитры, III – с внесением N<sub>90</sub> P<sub>60</sub> K<sub>60</sub>.

На опытном участке (варианты I–III) лучшие результаты дали растения *Bromopsis* с посевов, в которые было внесено полное минеральное удобрение (были большими высота растений, вес наземной массы). Самым удачным оказался посев данного вида под покров *Avena sativa* (производственный) с внесением полного минерального удобрения. Растения достигли средней высоты 52 см, имели в среднем на особь 3,8 побега, 22,5 листа и довольно высокий вес (0,78 г), что в пересчете на 1 га составило 11,7 ц (табл. 4). Для первого года был получен средний урожай.

Обследование производственных посевов показало, что они находятся в хорошем состоянии. Проводилось ежегодное скашивание надземной фитомассы. Данные по весу воздушно-сухой фитомассы разновозрастных посевов *Bromopsis inermis* приведены в табл. 5. Общий вес надземной фитомассы уже на посеве 2-го года был достаточно велик (38,2 ц/га). Однако воздушно-сухой вес *Bromopsis* составлял лишь 57,6 %, остальная масса приходилась на самосев видов бобовых и разнотравья.



Т а б л и ц а 4

**Морфологическая характеристика *Bromopsis inermis*  
в разных вариантах опыта**

Вариант опыта	Высота, см	Число побегов, шт.	Число листьев, шт.	Вес надземной массы одного растения, г
Посев без удобрения (опытный)	11,7	1,0	5,0	0,035
Посев с внесением аммиачной селитры (опытный)	13,4	1,2	6,5	0,06
Посев с внесением NPK (опытный)	16,0	2,3	12,0	0,16
Посев под покров <i>Avena sativa</i> с внесением NPK (производственный)	52,0	3,8	22,5	0,78
Посев под покров <i>Avena sativa</i> без удобрения (производственный)	37,0	2,0	12,0	0,25

П р и м е ч а н и е. Данные таблицы приведены в пересчете на одно растение.

Т а б л и ц а 5

**Вес воздушно-сухой фитомассы  
на разновозрастных посевах *Bromopsis inermis*, г/м<sup>2</sup>**

Год жизни	Вес воздушно-сухой фитомассы					Отношение подземной фитомассы к надземной
	надземная				подземная	
	всего	<i>Bromopsis inermis</i>	видов сем. Fabaceae	разно- травье		
2-й	381,9	220,1	85,3	76,5	—	—
3-й	418,9	358,6	13,9	46,4	—	—
3-й*	347,3	214,2	45,8	87,3	172,7	0,501
5-й	604,4	562,0	1,2	41,2	130,9	0,220

\* Площадь этого участка ранее использовалась под посадку *Solanum tuberosum* L.

Наблюдалась тенденция роста надземной фитомассы *Bromopsis inermis* с увеличением возраста. Так, на посеве 3-го года жизни вес надземной массы составлял 42 ц/га, а на посеве 5-го года жизни – 60,5 ц/га. Кроме того, с увеличением возраста уменьшается и доля в урожае видов бобовых и разнотравья: на участке 3-го года жизни – 38,3 %, на участке 5-го года жизни – 7,4 %. Корневая фитомасса *Bromopsis inermis* составляла 13–17 ц/га.

Отношение подземной фитомассы к надземной показывает лучшее развитие последней, что свидетельствует о достаточно высокой обеспеченности растений элементами минерального питания.

Проведенная работа подтвердила возможность использования отвалов Богословского буроугольного карьера для посевов многолетних трав без покрытия слоем почвы или почвоулучшающего грунта и с получением высокого урожая (35–60 ц/га). Для этого достаточно внесения минеральных удобрений, особенно азотных. Хорошие результаты показало применение органических удобрений (торф).

Реализация проекта рекультивации в Карпинско-Волчанском буроугольном бассейне была в Свердловской области первым опытом биологической рекультивации отвалов без почвенного покрытия на больших площадях: было рекультивировано 1328 га. Определение и учет конкретных экологических условий позволили значительно расширить возможности рекультивации и более рационально использовать нарушенные земли. Учитывая благоприятные микроклиматические условия для многолетних трав в Карпинско-Волчанском бассейне, расположенном в лесной зоне (подзона средней тайги), где земледелие весьма ограничено климатическими условиями, на части отвалов успешно осуществлена сельскохозяйственная рекультивация: созданы достаточно продуктивные сеяные кормовые угодья.

**Изучение производственных посевов.** Производственные посевы были проведены на старых Турьинских и Северном Веселовском отвалах (СУР), общая характеристика которых дана в табл. 6.

Т а б л и ц а 6

**Общая характеристика Северного Веселовского  
и старых Турьинских отвалов**

Отвалы	Время окончания отсыпки, лет	Высота насыпи, м	Угол склонов, град.	Преобла- дающие породы	Мероприятия технического этапа рекультивации	Мероприятия биологического этапа рекультивации
Турьинские (Богословское место- рождение)	30–41	10–12	28–37	Глины, аргилли- ты, пес- чаники	Планировка поверхности бульдозером	Посев <i>Bromopsis inermis</i> с приме- нением минераль- ных удобрений
Северный Веселовский (Веселовское место- рождение)	20–36	10–28	30–37	Песча- ники, аргил- литы, глины	Планировка поверхности бульдозером	Посев <i>Phleum pra- tense</i> , <i>Phleum pra- tense</i> с <i>Festuca pratensis</i> и <i>Amoria repens</i> с примене- нием минераль- ных удобрений

Согласно ГОСТ 17.5.1.03-86 [52], породы были охарактеризованы как нетоксичные, но малопригодные для биологической рекультивации из-за бедности подвижными формами основных элементов питания и сильной каменистости (табл. 7). При проведении сельскохозяйственной рекультивации отвалов технический этап включал планировку поверхности, а биологический – посев многолетних трав с применением комплекса минеральных удобрений.

Т а б л и ц а 7

**Агрохимическая характеристика грунтов  
Турьинских и Северного Веселовского отвалов**

Опытный участок	Глубина, см	Сухой остаток, %	рН водной	С, %	N, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
						мг / 100 г	
Турьинские отвалы							
I	0–2	0,23	7,3	3,97	0,44	16	19,9
	2–7	0,24	7,2	2,02	0,29	12	19,3
	7–20	0,24	7,5	2,26	0,54	15	15,7
II	0–2	0,11	6,6	4,10	0,65	38	25,2
	2–7	0,12	6,7	3,70	0,50	32	16,4
	7–20	0,14	6,9	2,81	0,39	35	13,9
III	0–2	0,27	6,1	3,14	0,67	25	21,1
	2–7	0,23	6,9	2,09	0,57	40	20,2
	7–20	0,19	7,0	1,71	0,20	25	16,4
IV	0–2	0,20	7,0	3,27	0,58	37	25,6
	2–7	0,15	7,1	2,49	0,38	40	27,4
	7–20	0,14	7,1	2,25	0,51	24	11,6
Северный Веселовский отвал							
I	0–2	0,25	6,2	5,35	0,43	43	35,3
	2–7	0,19	6,6	2,06	0,20	40	20,3
	7–20	0,23	6,7	1,60	0,24	43	15,1
II	0–2	0,20	6,8	2,50	0,23	61	40,3
	2–7	0,20	6,8	1,50	0,27	38	23,3
	7–20	0,23	6,5	1,10	0,15	36	12,4

Опытный участок	Глубина, см	Сухой остаток, %	рН водной	С, %	N, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
						мг / 100 г	
II-a	0–2	0,20	6,8	2,66	0,48	46	27,9
	2–7	0,23	6,6	1,70	0,31	45	22,0
	7–20	0,19	6,5	0,96	0,26	36	14,5

Агрохимический анализ грунтов показал, что реакция среды грунтосмесей отвалов изменялась от слабокислой до слабощелочной, для многих образцов была близка к нейтральной (см. табл. 7), породы не засолены.

Содержание органического углерода в образцах Турьинских отвалов примерно одного уровня на всех участках, изменяется от 1,71 до 4,1 %, заметно снижаясь с глубиной. В грунтосмесях Северного отвала Веселовского карьера содержание углерода выше, особенно в поверхностном слое 0–2 см. На наш взгляд, это связано со способом хозяйственного использования (ежегодное скашивание, умеренный выпас). Обеспеченность подвижными фосфатами и обменным калием (по градации Е. В. Аринушкиной [53]) на всех обследованных участках высокая, вероятно, благодаря внесению минеральных удобрений. Резкое снижение содержания углерода, азота и калия с увеличением глубины свидетельствовало об их биогенном накоплении.

Доминантами и эдификаторами КФ являлись культурные растения. Их эдификаторная роль в создании и преобразовании местообитания определялась густотой стояния, характером распределения по площади, степенью развития надземной и подземной частей и другими показателями.

Обследование посевов проводилось через 40 лет. Для изучения структуры ЦП *Bromopsis inermis* в производственных посевах на Турьинских отвалах были выбраны четыре участка площадью 0,2 га, отличавшиеся внешне по состоянию культурного вида.

Поверхность всех исследуемых участков относительно ровная, с небольшими понижениями, вдоль края участка I растут *Pinus sylvestris*, возраст которых 25–30 лет. Исследования показали, что на участках I и II культурные растения выступали доминантами-эдификаторами, создавали аспект. КФ этих участков представляли собой густые посевы с хорошо развитой надземной фитомассой, с относительно равномерным размещением особей по площади. Общее проективное покрытие составляло 80–90 %.

По густоте травостоя участки несколько различались; на участке II густота травостоя была выше. Общее количество побегов на учетную площадку на участке II составляло 79, на участке I – 64. Увеличение числа побегов на единицу площади происходило как за счет высокого обилия культурного вида,

так и за счет видов-«внедренцев» (табл. 8). Соотношение побегов *Bromopsis inermis* и внедрившихся видов на обоих участках было примерно одинаковое.

Высота травостоя на участке I изменялась от 80 до 120 см, на участке II – от 90 до 150. Четко выделялся ярус, образованный *Bromopsis*. Нижняя граница яруса находилась на высоте 30 см и определялась минимальной высотой вегетативных побегов культуры.

Т а б л и ц а 8

Густота травостоя посевов *Bromopsis inermis*

Опытный участок	ОПП, %	Число побегов на 0,25 м <sup>2</sup>			
		всего		в том числе	
		$X_{\text{ср}}$	lim	<i>Bromopsis inermis</i>	виды-«внедренцы»
I	82	64	37–111	28	38
II	90	79	34–136	36	43
III	25	60	38–129	15	45
IV	44	77	42–78	12	65

Виды-«внедренцы» не поднимались выше этого яруса, в основном располагались под его пологом. Видовое разнообразие их невелико: на участке I – 12, на участке II – 16 видов. Высокий процент встречаемости наблюдался у *Festuca pratensis*: на участке I – 87 %, на участке II – 70 %. Встречаемость таких видов, как *Cirsium setosum* (Willd.) Bess., *Stellaria graminea* L., *Potentilla anserina* L., *P. erecta* (L.) Raeusch., *Sonchus arvensis* L., на участке I составляла 10–20 %. Остальные виды имели незначительную долю участия. Здесь же интенсивно внедрялись такие виды, как *Vicia cracca* L. (20 %), *Potentilla anserina* (30 %), *Phleum pratense* (23 %), *Elytrigia repens* (43 %). Встречаемость остальных видов – 3–10 %.

Большинство внедрившихся видов на обоих участках было представлено вегетативными особями. Только четыре вида (*Potentilla anserina* и *P. erecta*, *Stellaria graminea*, *Festuca pratensis*) на участке I и три вида (*Festuca pratensis*, *Elytrigia repens* и *Phleum pratense*) на участке II достигали в своем развитии фаз цветения и плодоношения.

Возможно, наблюдаемая задержка в прохождении этапов большого жизненного цикла внедрившимися видами обусловлена отрицательным влиянием *Bromopsis inermis* как средообразующего компонента КФ, играющего решающую роль в создании условий существования видов-«внедренцев», живущих под пологом культурного яруса.

Травостой участка III был изрежен. ОПП участка составляло 25 %. *Bromopsis inermis* в пределах контура посева был распространен неравномерно, встречались участки, лишенные культурного вида. Посев сильно засорен. Количество побегов видов-«внедренцев» на учетную площадку 0,25 м<sup>2</sup> равно 45, что в 3 раза больше количества побегов культуры. По числу внедрившихся видов (18) КФ участка III превосходил все остальные. Наиболее обильно в посеве были представлены: *Festuca pratensis* (встречаемость 93 %), *Taraxacum officinale* Wigg. (46 %), *Plantago lanceolata* L. (23 %), *Elytrigia repens* (26 %). Встречаемость остальных видов равна 3–17 %.

Общий аспект на участке IV создавал *Cirsium setosum*, встречаемость которого – 96 %. *Bromopsis inermis*, представленный в основном вегетативными побегами, из травостоя выпадал. Количество побегов культурного вида на единицу площади (0,25 м<sup>2</sup>) – 12, побегов видов-«внедренцев» в 5 раз больше. Высокое обилие в травостое у *Festuca pratensis*. На данном участке встречаемость большинства видов-«внедренцев» составляла более 10 %. Только у четырех видов из 15, таких как *Linaria vulgaris* L., *Ranunculus acris* L., *Taraxacum officinale*, *Equisetum arvense* L., встречаемость составляла 3–6 %. Распределение видов-«внедренцев» по площади КФ – от равномерно-рассеянного до группового. Больше половины внедрившихся видов достигали в своем развитии фаз цветения и плодоношения. Господство «внедренцев» на участках III и IV указывает на постепенную деградацию ЦП культурного вида.

Высота травостоя на обоих участках изменялась от 70 до 100 см. Вследствие неравномерного распределения культуры в посеве сплошного полога культурного яруса не образовывалось, четкого распределения внедрившихся видов по ярусам не наблюдалось. В КФ участков III и IV культурный вид не являлся доминантом-эдификатором, не играл главной средообразующей роли. Ухудшение агротехники, образование подушки из ветоши (скашивание не производилось) привели к массовому внедрению видов дикой флоры.

Одной из главных особенностей всякого КФ является относительная кратковременность его существования. Культивируемое сообщество (особенно АФ), будучи предоставлено самому себе, не может длительно удерживать за собой территорию, вследствие чего замещается природной растительностью.

На 92 га Северного отвала Веселовского карьера был проведен посев *Avena sativa* с *Phleum pratense*. На момент исследования примерно 60 га отвала было занято под посевом *Phleum pratense*, где позднее был осуществлен подсев *Amoria repens* и *Festuca pratensis*. Ежегодно на этом поле вносились удобрения: суперфосфат, калийная и аммиачная селитра из расчета 200 кг азота, 100 кг фосфора и калия на 1 га действующего начала, но из-за недостатка удобрений они распределялись неравномерно. Остальные 32 га отвала – это заброшенное поле *Phleum pratense*, посев которой был осуществлен более 15 лет назад; никакого ухода за полем не производилось, и территория использовалась как пастбище.

Исследование на Северном отвале Веселовского карьера заброшенного поля *Phleum pratense* (участок I), на котором интенсивного ухода не было около 10 лет, показало, что посев *Phleum pratense* деградировал. Высейный вид встречался в травостое отдельными куртинами, образованными преимущественно сенильными особями (генеративные особи единичны). В местах его выпадения разрастались внедрившиеся виды. Всего на поле зарегистрировано 23 вида-«внедренца». Бобовые были представлены двумя видами: *Trifolium pratense* и *Amoria repens*, встречаемость которых составляла 16 %. Из 6 видов злаковых наибольшая встречаемость была у *Elytrigia repens* (93 %). В понижениях рельефа преобладала *Dactylis glomerata*, из разнотравья чаще встречались *Achillea millefolium* L. и *Taraxacum officinale*. Все представители злаковых, а также *Trifolium pratense*, *Amoria repens*, *Stellaria graminea*, *Linaria vulgaris*, *Achillea millefolium* имели групповое распределение, остальные виды – равномерно-рассеянное.

Мозаичность в распределении видов-«внедренцев» в сообществе обусловлена случайным заносом семян, микроразличиями условий местообитания, а также влиянием одних растений на другие, конкуренцией за свет, воду, пищу, особенностями вегетативного размножения.

Анализ учетных площадок показал, что по густоте травостоя число побегов внедрившихся видов примерно в 2,5 раза превышало число побегов *Phleum pratense* (табл. 9, участок I). Травостой изрежен, ОПП составляло 28 %. Максимальная высота травостоя – 70–80 см, четкого подразделения на ярусы не наблюдалось. *Phleum* постепенно выпадал из состава травостоя, замещаясь видами-«внедренцами» из состава местной флоры.

Т а б л и ц а 9

**Густота травостоя производственных посевов *Phleum pratense* L.**

Опытный участок	ОПП, %	Число побегов на 0,25 м <sup>2</sup>					
		всего		в том числе			
		$X_{\text{ср}}$	lim	<i>Phleum pratense</i>	<i>Festuca pratensis</i>	<i>Amoria repens</i>	виды-«внедренцы»
I	28	128	45–180	36	–	–	86
II	73	117	75–264	67	30	2	19
II-a	46	93	38–193	57	16	4	16

На заброшенном поле при прекращении интенсивного регулирующего воздействия человека наблюдались начальные стадии восстановительной сукцессии: на месте КФ шло формирование многовидового растительного сообщества лугового типа. На другом поле, занятом смешанным посевом *Phleum pratense*,



*Festuca pratensis*, *Amoria repens*, выделялись темные и светлые полосы. Это было связано с неравномерным внесением удобрений. ОПП темных полос (участок II) составляло 74 %, растения на полосах были более мощные, высокие. Светлые полосы (участок II-а) характеризовались меньшей густотой стояния, растения были менее мощные, со светло-зелеными листьями. ОПП составляло 46 %.

Густота травостоя на участке II выше, чем на участке II-а (см. табл. 9). Количество побегов на учетной площадке (0,5 × 0,5 м) в первом случае – 117, во втором – 93, причем *Festuca* оказалась сильнее угнетена, чем *Phleum*. По количеству побегов *Phleum pratense* оба варианта практически не различались, а количество генеративных и вегетативных побегов *Festuca pratensis* на участке II было почти в два раза больше, чем на участке II-а.

Высокий уровень минерального питания оказал более сильное положительное воздействие на побегообразовательную способность *Festuca pratensis*, чем *Phleum pratense*. Густота стояния травостоя равномерная, поле чистое, 10–12 видов-«внедренцев» местной флоры имели незначительную долю участия.

Наиболее высокое обилие наблюдалось у *Elytrigia repens*, встречаемость которого составляла 56–69 %, а остальных видов – 6–8 %. Распределение «внедренцев» по площади КФ равномерно-рассеянное. Внедрившиеся виды испытывали угнетение, так как в основном произрастали ниже полога культурного яруса. Высота травостоя изменялась от 60 до 100 см, участки II и II-а по этому показателю практически не различались. Культурный ярус был образован *Phleum pratense* и *Festuca pratensis*. *Amoria repens* была угнетена из-за недостатка света, поэтому встречалась отдельными пятнами. В целом высеянные культурные виды на этом поле являлись доминантами-эдификаторами КФ; внедрившиеся виды играли подчиненную роль.

Таким образом, опыт биологической рекультивации на отвалах Веселовского и Богословского месторождений показал возможность их использования для посева многолетних трав без покрытия почвой или потенциально плодородными породами с получением высоких урожаев сена.

Состояние посевов *Bromopsis inermis* значительно различалось по участкам: на участках I и II его можно характеризовать как хорошее, на участке III – как удовлетворительное, на участке IV – как неудовлетворительное. Производственные посевы *Phleum pratense* также различались: на заброшенном поле сформировалось низкопродуктивное растительное сообщество, на ухоженном поле получали высокие урожаи сена, причем с увеличением внесения удобрений урожай повышался. Различие в состояниях посевов было обусловлено степенью ухода за ними или его полным отсутствием.

Более высокий урожай надземной фитомассы был получен в чистом посеве *Bromopsis inermis* (69 ц/га) и на удобренных участках производственных посевов *Phleum pratense* (54,1 ц/га). Поэтому в посевах необходимо шире использовать эти культуры.

Создание долговечных и продуктивных сенокосных и пастбищных угодий возможно при строгом соблюдении приемов агротехники возделывания многолетних трав. В частности, при строгом подборе ассортимента культурных видов, применении комплекса минеральных, а также органоминеральных удобрений; требуется своевременный пересев трав в созданных КФ.

Успешное проведение сельскохозяйственной рекультивации для данного района имеет большое значение вследствие того, что сельскохозяйственное производство здесь весьма ограничено климатическими условиями и малой площадью угодий, особенно пахотных земель.

### **Экспериментальный подбор ассортимента видов для биологической рекультивации Челябинского угольного бассейна**

Для разработки способов биологической рекультивации нарушенных земель, в том числе создания КФ, были проведены долголетние стационарные исследования. Основной задачей подобных исследований является подбор ассортимента видов, пригодных для данных конкретных условий. С биологической точки зрения происходит определение толерантности взятых в испытание видов к специфическому сложному комплексу условий отвалов и карьеров. Наиболее пригодными для этих целей оказались многолетние травы, а подробное изучение процесса естественного зарастания дало возможность обоснованно подойти к подбору их ассортимента.

Наиболее характерным примером подобного вида работ является разработка способов биологической рекультивации Коркинского угольного карьера (ЧУБ) в режиме сухой консервации.

Коркинский карьер представляет собой многоуступчатую чашу с размерами в плане  $3 \times 2,2$  км, глубиной свыше 500 м (принятая проектная глубина – 570 м). Объем выработанного пространства более 800 млн м<sup>3</sup> (к концу отработки превысит 1 млрд м<sup>3</sup>). Площадь свыше 800 га. Зональное положение карьера (лесостепная зона) обеспечивает вполне благоприятные условия для биологической рекультивации, но большая глубина и свойства пород чрезвычайно ее затрудняют. Значительная масса вскрышных пород составлена смесью сульфидсодержащих опоковидных глин, углистых коренных пород, третичных глин и скальных пород (песчаников, конгломератов, сидеритизированных алевролитов и др.), непригодных или малопригодных для биологической рекультивации. Четвертичные породы часто засолены. Направление биологической рекультивации, рекомендованное для данного объекта, природоохранное, санитарно-гигиеническое.

На уступах карьера, на разной глубине (14, 72, 64 м) от дневной поверхности, на породах с разной характеристикой были созданы опытные участки (соответственно участки I, II и III) (табл. 10). Было испытано 13 видов многолетних

трав и 13 видов деревьев и кустарников в двух вариантах: I – порода (контроль); II – порода + N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (опыт). Результаты проведенной работы были опубликованы ранее [35, с. 15; 54–58].

Т а б л и ц а 10

**Агрохимическая характеристика грунтов опытных участков  
Коркинского угольного карьера**

Опытный участок	Глубина, м	рН		Сухой остаток, %	Тип засоления	С, %		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
		вод-ный	соле-вой			общий	гумус	мг/100 г	
I	14	4,7–8,45	4,27–7,52	0,12–1,04	Сульфатный, кальциевый	0,46–5,86	0,18–1,31	0,4–3,59	6,5–19,6
II	72	4,2–8,10	3,93–7,20	1,09–1,74	Сульфатный, кальциевый	1,4–6,10	0,3–1,19	0,45–3,34	7,0–19,5
III	64	6,7–8,48	6,35–7,35	0,24–0,54	Не засолён	1,18–8,75	0,25–0,56	0,47–3,19	8,75–22,25

Испытанный ассортимент многолетних трав из злаков: *Agropyron cristatum*, *Bromopsis inermis*, *Festuca pratensis*, *Elymus trachycaulus*, *Elymus fibrosus*, *Phleum pratense*, *Agrostis gigantea*, *Elymus sibiricus* L.; из бобовых: *Melilotus officinalis*, *Amoria hybrida*, *Trifolium pratense*, *Medicago media*, *Onobrychis arenaria*.

Участки вытянуты вдоль берм с востока на запад. Повторность опыта 3-кратная. Площадь делянок выбрана в зависимости от наличия доступной территории берм и составляет 5 м<sup>2</sup> (1 × 5). Делянки были расположены поперек берм. Породный состав участков различен: I – запесоченные глины; II – аргиллито-алевролитистая смесь, перекрытая гореликом; III – продукты выветривания песчаников и алевролитов. Агрохимические показатели на участках сильно варьируют (см. табл. 10).

Реакция среды на всех участках колеблется от кислой (рН = 4,2) до щелочной (рН = 8,48). На участках I и III породы могут быть отнесены по ГОСТ 17.5.1.03-86 [52] к малопригодным для биологической рекультивации, а на участке II – к непригодным, так как при рН > 6,5 сумма токсичных солей (сухой остаток) > 1,0 % у всех образцов с участка. В засоленных образцах из анионов в избытке содержится SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, из катионов – Ca<sup>+2</sup>. Обеспеченность доступными фосфатами очень низкая. Наблюдается некоторое колебание по обеспеченности обменным калием. Если рассматривать обеспеченность этим элементом питания из расчета возделывания самых малотребовательных культур (зерновые и многолетние травы), то на участке I 33 % образцов показали низкую, 53 % – среднюю и 14 % –

высокую обеспеченность обменным калием (соответственно на участке II – 17, 33, 50 %; на участке III – 15, 60 и 25 %). Из чего следует, что участки I и III имеют среднюю, а участок II – высокую обеспеченность обменным калием. Наблюдается более высокое содержание обменного калия в верхнем слое (0–2 см и 0–5 см). Вероятно, это связано с биогенным его накоплением. Четкой закономерности изменения других химических показателей по глубине профиля не наблюдалось.

Состояние созданных при этом экспериментальных посевов и посадок выступало интегральным показателем пригодности всего комплекса экологических условий для биологической рекультивации.

Основное внимание было обращено на выявление особенностей пространственной, возрастной и морфологической структуры ЦП для получения более объективной оценки их жизненности в зависимости от конкретных условий произрастания.

Помимо визуальных наблюдений и геоботанического описания экспериментальных посевов с целью получения необходимых данных для характеристики численности и состава ЦП злаков и бобовых на разных участках закладывались учетные площадки ( $0,5 \times 0,5 \text{ м}^2$ ) в 3-кратной повторности по каждому варианту опыта. Все особи исследуемых видов в пределах учетных площадок выкапывались для проведения морфологического анализа и установления их возрастного состояния.

#### **Ценопопуляции злаковых в зависимости от условий выращивания.**

Объектом исследования были экспериментальные посевы *Bromopsis inermis*, *Agrostis gigantea*, *Elymus fibrosus*. Каждый вариант рассматривался как ЦП – совокупность особей данного вида в пределах КФ.

У анализируемых злаковых растений подсчитывалось количество ортотропных и плагиотропных побегов (шт.) в зоне кущения, измерялись высота вегетативных, генеративных побегов (см), а также длина корневищ (см) и длина соцветий (см). В лабораторных условиях определялась фитомасса всех надземных побегов в воздушно-сухом состоянии (г).

Принимая во внимание тот факт, что исследуемые виды злаков относятся к разным типам биоморф, для сравнительной характеристики численности, а также структуры ЦП в качестве счетной единицы (ценобионта) бралась не особь в целом, а относительно обособленные ее части, которые могут рассматриваться как элементарные центры воздействия особи на среду, т. е. «фитоценоотические счетные единицы» [29, с. 74]. В качестве ценобионтов у *Bromopsis inermis* и *Agrostis gigantea* рассматривались единичные парциальные побеги или кусты, у *Elymus fibrosus* соответственно – единичные партикулы, представляющие собой систему побегов двух-трех порядков ветвления, тесно связанных между собой в пределах единой зоны кущения.

Как известно, одним из наиболее существенных признаков ЦП как биологической системы надорганизменного уровня является численность, которая

может подвергаться значительной пространственно-временной изменчивости [59, с. 7]. Это замечание является справедливым не только для дикорастущих, но и для культивируемых растений.

Исследования показали, что экспериментальные посевы многолетних злаков за сравнительно короткий промежуток времени (3 года) претерпели существенные изменения в численности и характере размещения растений по площади, что характерно как для контрольных, так и для опытных делянок (табл. 11).

Т а б л и ц а 11

**Плотность ЦП злаков в экспериментальных посевах  
на 3-й год жизни**

Опытный участок	Вариант	Учетная площадка	Число ценобионтов на 0,25 м <sup>2</sup>		
			<i>Bromopsis inermis</i>	<i>Agrostis gigantea</i>	<i>Elymus fibrosus</i>
I	Контроль	1	225	207	210
		2	169	87	119
		3	142	0	0
	Опыт	1	194	82	186
		2	239	97	107
		3	303	0	158
II	Контроль	1	0	0	224
		2	76	81	118
		3	54	71	174
	Опыт	1	45	123	191
		2	34	100	239
		3	0	349	178
III	Контроль	1	0	271	163
		2	0	238	134
		3	0	433	131
	Опыт	1	45	335	170
		2	75	366	185
		3	100	327	163

Было отмечено значительное изреживание посевов *Bromopsis inermis* и *Agrostis gigantea* на участке II, наименее благоприятном для роста и развития растений по агрохимическим свойствам грунта (повышенная кислотность, засоленность).

На полное выпадение культурных растений из посевов на участках I и III большое влияние оказали эрозионные процессы (смыв семян, засыпание рядков и др.), в результате чего в посевах образовались «редины» или «плеши», которые постепенно заросли сорняками. Определенную роль в изменении общей численности, а также плотности растений на 3-й год их жизни играло, по-видимому, и обострение конкурентных отношений, что обусловлено крайне неблагоприятными эдафическими условиями, в частности, недостатком элементов минерального питания в грунтах. В пользу этого предположения свидетельствовал тот факт, что в опытном варианте, по сравнению с контролем, наблюдалось лучшее сохранение посевов. Улучшение условий минерального питания способствовало выживанию особей в начальной стадии их онтогенеза (проростки и всходы [р], ювенильные [j] особи), что влекло за собой лучшее сохранение и более равномерное размещение растений по площади (в рядках). Помимо горизонтальной неоднородности пространственная структура ЦП многолетних злаков на 3-й год жизни характеризовалась и вертикальной анизотропностью. Расчленение травостоя на несколько ярусов и подъярусов в соответствии с высотой надземных побегов было обусловлено, прежде всего, существованием в составе ЦП групп особей, различающихся по возрастному состоянию. Помимо этого следует отметить, что в пределах одной возрастной группы наблюдалось значительное варьирование особей по высоте надземных побегов (табл. 12).

Можно предположить, что возникновению сложной вертикальной структуры ЦП многолетних злаков способствовала не только разновременность прорастания высеянных семян, но и индивидуальная изменчивость, проявляющаяся в разных темпах онтогенетического развития особей, а также разная интенсивность ростовых и органообразовательных процессов. Вертикальная анизотропность ЦП позволяет растениям более полно использовать материальные и энергетические ресурсы среды и свидетельствует о высокой приспособляемости исследуемых видов злаков.

Изучение морфобиологического разнообразия особей показало значительную степень их дифференциации по уровню онтогенетического развития, а также по мощности вегетативных и генеративных органов. В составе исследуемых ЦП выделялись группы особей разного возрастного состояния: ювенильные (j), вегетативные (v) и генеративные (g). Своеобразие возрастного спектра является следствием растянутости периода прорастания высеянных семян и генотипической разнокачественности особей, а также результатом влияния различных экологических и фитоценологических факторов на темпы их онтогенеза (табл. 13).

Т а б л и ц а 12

**Варьирование высоты побегов в ЦП многолетних злаков в зависимости от условий произрастания**

Опытный участок	Вариант	Высота побегов, см					
		v		g			
		$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$	$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$
<i>Bromopsis inermis</i>							
I	Контроль	19,2±0,4	1,4–50,0	43	63,1±2,3	30,1–95,0	21
	Опыт	24,1±0,6	5,1–60,0	46	65,9±2,1	35,5–95,0	19
II	Контроль	17,9±0,6	5,6–35,0	32	48,7±1,7	20,1–60,0	18
	Опыт	17,4±0,7	4,7–30,0	32	46,6±3,3	15,6–75,0	17
III	Контроль	–	–	–	–	–	–
	Опыт	16,2±0,5	1,1–35,0	39	47,7±1,5	20,1–70,0	25
<i>Agrostis gigantea</i>							
I	Контроль	5,9±0,3	1,1–15,0	59	28,2±1,5	10,1–50,0	31
	Опыт	10,7±0,6	1,3–30,0	52	33,6±1,1	5,1–60,0	29
II	Контроль	9,7±0,6	1,2–20,0	42	22,1±0,6	5,1–40,0	28
	Опыт	8,8±0,5	1,4–25,0	58	29,6±0,7	5,5–55,0	38
III	Контроль	10,3±0,6	1,1–35,0	55	39,4±0,9	4,9–75,0	36
	Опыт	13,9±0,5	1,4–30,0	46	42,8±1,0	5,1–75,0	41
<i>Elymus fibrosus</i>							
I	Контроль	21,0±0,5	5,1–45,0	33	57,8±1,8	20,1–75,0	19
	Опыт	24,0±0,5	5,1–50,0	36	58,3±2,7	30,1–90,0	27
II	Контроль	17,8±0,4	1,1–35,0	41	51,3±1,3	20,4–85,0	29
	Опыт	23,5±0,6	5,1–40,0	33	48,4±1,6	10,7–90,0	37
III	Контроль	21,7±0,7	1,7–55,0	45	52,0±0,9	15,1–85,0	24
	Опыт	24,8±0,6	5,4–50,0	33	57,3±1,1	20,1–95,0	28

П р и м е ч а н и е. Здесь и далее в таблицах: j – ювенильные особи; v – вегетативные; g – генеративные.



**Возрастная структура ЦП многолетних злаков на 3-й год жизни  
в зависимости от условий произрастания**

Опытный участок	Вариант	Число ценобионтов возрастной группы, %		
		<i>j</i>	<i>v</i>	<i>g</i>
<i>Bromopsis inermis</i>				
I	Контроль	11,0	82,0	7,0
	Опыт	10,0	85,0	5,0
II	Контроль	—	78,0	22,0
	Опыт	—	81,0	19,0
III	Контроль	—	—	—
	Опыт	—	69,6	30,4
<i>Agrostis gigantea</i>				
I	Контроль	10,2	78,9	10,9
	Опыт	—	55,7	44,3
II	Контроль	3,1	26,4	70,5
	Опыт	2,9	21,8	75,2
III	Контроль	—	33,9	66,1
	Опыт	—	19,3	80,7
<i>Elymus fibrosus</i>				
I	Контроль	8,2	79,9	11,9
	Опыт	3,6	88,6	7,8
II	Контроль	1,9	56,4	41,7
	Опыт	0,5	48,5	51,0
III	Контроль	—	49,7	50,3
	Опыт	0,9	40,2	58,9

Так, например, определенная задержка в развитии растений наблюдалась на участке I, где в составе ЦП всех исследуемых видов злаков доля генеративных особей была значительно ниже, а ювенильных соответственно выше по сравнению с другими участками. Сравнительный анализ полученных данных показал, что возрастной спектр ЦП отражает также и биологические особенности вида.

Так, на всех экспериментальных участках в посевах *Bromopsis inermis* на 3-й год жизни явно преобладали молодые вегетативные особи, что связано, по-видимому, с характерной для этого вида растянутостью периода прорастания семян. В посевах же *Agrostis gigantea* и *Elymus fibrosus* на 3-й год жизни растений преобладали генеративные особи. Незначительную долю составляла группа ювенильных растений, включая проростки и всходы. Однако их присутствие свидетельствовало о способности ЦП к семенному возобновлению, что является важным обстоятельством при создании КФ долгосрочного использования.

Исследования, проведенные с целью изучения абсолютного веса, энергии прорастания и всхожести семян многолетних злаков, собранных в конце вегетационного периода на экспериментальных участках, показали вполне удовлетворительные посевные качества семян.

Возрастной спектр, а также численность и мощность взрослых особей являются основными признаками жизненности ЦП [29, с. 95]. Мощность взрослых особей отражает интенсивность ростовых и органо-образовательных процессов и позволяет судить о степени соответствия условий произрастания эколого-биологическим особенностям вида. О мощности отдельных ценобионтов можно судить по достигнутым размерам, т. е. по конечным параметрам, характеризующим отдельные органы. Проведенный морфологический анализ показал, что при внесении минеральных удобрений мощность особей возрастает, и это проявляется в более высоких показателях, характеризующих морфологические признаки растений опытного варианта по сравнению с контролем (табл. 14).

Положительная реакция растений на улучшение условий минерального питания особенно наглядно проявилась у *Elymus fibrosus* и *Agrostis gigantea*. Эффективность внесения минеральных удобрений зависит от агрохимических свойств грунта. На экспериментальных участках I и III, где эдафические условия более благоприятны для роста и развития растений, положительное влияние минеральных удобрений проявилось более отчетливо.

От численности и размеров отдельных ценобионтов зависит и мощность ЦП в целом – один из важных показателей ее жизненного состояния. Показателем мощности ЦП может служить общая биомасса надземных побегов растений (табл. 15).

Полученные данные показывают, что количество продукции, получаемой с единицы площади, зависит не только от мощности ценобионтов, но и от численности и соотношения вегетативных и генеративных особей (см. табл. 15).

На внесение минеральных удобрений все исследуемые злаки реагировали положительно, в результате чего биомасса надземных побегов в опытном варианте, по сравнению с контролем, возросла в 1,5–3 раза. Выявленные особенности пространственной, возрастной и морфологической структуры свидетельствовали о достаточно высоком уровне жизненности ЦП многолетних злаков и об удовлетворительном состоянии экспериментальных посевов *Bromopsis inermis*,

Т а б л и ц а 14

Изменение мощности ценобионтов ( $X_{cp} \pm m$ )

Опытный участок	Вариант	Виргинильные особи		Генеративные особи		
		высота побегов, см	количество побегов в зоне кущения, шт.	высота побегов, см	количество побегов в зоне кущения, шт.	длина соцветий, см
Bromopsis inermis						
I	Контроль	19,2±0,4	2,5±0,1	63,1±2,3	2,4±0,1	8,4±0,1
	Опыт	24,1±0,6	3,1±0,1	65,9±2,1	3,1±0,1	9,4±0,1
II	Контроль	17,9 ±0,6	3,5±0,1	48,7±1,7	3,0±0,2	7,9±0,1
	Опыт	17,4±0,7	3,6±0,1	46,6±3,3	3,5±0,2	8,0±0,1
III	Контроль	—	—	—	—	—
	Опыт	16,2±0,5	2,9±0,1	47,7±1,4	2,5±0,1	7,2±0,1
Agrostis gigantea						
I	Контроль	5,9±0,3	1,3±0,1	28,2±1,5	2,9±0,4	6,0±0,2
	Опыт	10,7±0,6	1,8±0,1	33,6±1,1	4,4±0,4	7,3±0,3
II	Контроль	2,7±0,6	1,1±0,1	22,1±0,6	1,4±0,1	5,6±0,3
	Опыт	9,8±0,5	1,2±0,1	29,6±0,7	1,6±0,1	8,2±0,3
III	Контроль	10,3±0,6	1,3±0,1	39,4±0,8	1,6±0,1	7,8±0,3
	Опыт	13,9±0,5	1,5±0,1	42,8±1,0	1,3±0,1	9,6±0,3
Elymus fibrosus						
I	Контроль	21,0±0,5	1,3±0,1	57,8±1,8	3,0±0,3	8,9±0,3
	Опыт	24,3±0,5	2,3±0,1	58,3±2,7	6,3±0,6	9,1±0,3
II	Контроль	17,8±0,5	1,4±0,1	51,3±1,3	2,3±0,1	7,7±0,2
	Опыт	23,5±0,6	2,0±0,1	50,4±1,6	3,0±0,1	8,4±0,3
III	Контроль	21,7±0,7	1,5±0,1	52,0±0,9	1,8±0,1	7,8±0,2
	Опыт	24,8±0,6	1,8±0,1	57,3±1,1	1,9±0,1	8,7±0,3

*Agrostis gigantea* и *Elymus fibrosus*. Полученные данные указывают на эффективность внесения минеральных удобрений при создании КФ в условиях Коркинского угольного разреза.

**Изменение жизненности многолетних злаков  
в зависимости от условий выращивания**

Опытный участок	Вариант	Число ценобионтов на 0,25 м²			Вес воздушно- сухой биомассы надземных побегов на 0,25 см², г
		всего	в том числе		
			v	g	
Bromopsis inermis					
I	Контроль	178,6	166,9	11,7	40,2±4,1
	Опыт	245,3	233,6	11,7	57,8±6,1
II	Контроль	65,0	51,0	14,0	26,1±14,1
	Опыт	39,5	32,0	7,5	14,1±3,1
III	Контроль	—	—	—	—
	Опыт	73,3	51,0	22,3	23,3±12,3
Agrostis gigantea					
I	Контроль	147,0	131,0	16,0	5,8±0,1
	Опыт	88,0	49,0	39,0	19,8±5,4
II	Контроль	76,0	22,5	53,5	8,4±1,2
	Опыт	190,7	66,4	124,3	42,9±6,7
III	Контроль	314,0	106,3	207,7	53,0±23,4
	Опыт	342,0	66,3	276,3	79,2±19,2
Elymus fibrosus					
I	Контроль	164,5	145,0	19,5	17,4±9,6
	Опыт	149,0	137,3	11,7	33,1±11,2
II	Контроль	172,0	100,0	71,7	33,6±1,8
	Опыт	202,7	99,4	103,3	60,2±1,4
III	Контроль	142,7	71,0	71,7	32,1±3,3
	Опыт	178,3	73,3	105,0	65,2±14,0

### **Ценопопуляции бобовых в зависимости от условий выращивания.**

Объектом исследования были экспериментальные посевы *Onobrychis arenaria*, *Medicago media* и *Melilotus officinalis*. Каждый вариант рассматривался как ЦП.

Исследуемые виды бобовых (поликарпики стержнекорневой формы) относятся к типу моноцентрических биоморф, который характеризуется тем, что корни, побеги и почки возобновления сконцентрированы в едином центре – центре разрастания особи [29, с. 29]. При анализе пространственной и возрастной структуры ЦП в качестве основной счетной единицы была взята особь, которая для моноцентрических биоморф является центром фитоценотического действия на среду.

В морфологическом отношении онтогенез растения поликарпика представляет собой систему последовательно сменяющихся монокарпических побегов, побег является основной морфологической структурной единицей растения. Морфологический анализ проводился по таким количественным показателям, как высота побега (см), количество побегов в зоне кущения (шт.), количество побегов ветвления, вегетативных и генеративных (шт.), длина побегов (см), количество соцветий на побеге кущения и ветвления (шт.), их размеры (у *Medicago media* и *Melilotus officinalis*), число листьев на побеге, размеры нижнего листа (у *Onobrychis arenaria*). Всего было проанализировано 1327 особей *Onobrychis*, 735 особей *Medicago* и 771 – *Melilotus*.

Для определения возрастной структуры ЦП подсчитывались все особи каждого возрастного состояния (*j*, *v* и *g*), и по отношению к общему числу особей высчитывалось процентное соотношение между возрастными группами.

Учитывая разные подходы к определению жизненности особей и ценоза в целом, оценку жизненности ЦП проводили по таким признакам, как численность, мощность взрослых особей, семенная продуктивность ЦП.

Кроме этого был подсчитан балл жизненности, позволяющий оценивать мощность надземных побегов особей ЦП в целом. При расчетах за основу были взяты вариационные кривые, отражающие размах изменчивости признака и частоту встречаемости различных вариантов. Классы, отражающие возможные значения признака в порядке его возрастания, оценивались соответственно по возрастающему ряду баллов – от 2 до 18 в зависимости от количества классов. Частота класса (процент от общего числа вариантов) выражалась в долях единицы. Перемножая балл класса на его частоту и суммируя, определяли общую сумму баллов. Наибольшая сумма баллов свидетельствует о более мощном развитии надземных органов [60, с. 86, 87].

О продуктивности ЦП судили по весу воздушно-сухой биомассы надземных побегов, взятых с единицы площади. Кроме этого определялись урожай семян (на 0,25 м<sup>2</sup>) и их посевные качества (абсолютный вес, энергия прорастания и всхожесть).

*Эколого-фитоценотическая характеристика экспериментальных посевов.* Эдификаторная роль посеянного человеком культурного растения в создании

местообитания определяется густотой стояния, характером распределения по площади, степенью развития надземных и подземных частей, темпами развития и другими показателями [61, с. 9].

Экологические условия – увлажнение, которое зависит от глубины расположения участка относительно дневной поверхности, свойства грунтосмеси – определили специфику пионерных группировок, сформировавшихся на участках перед их планировкой. Пионерные группировки находились на разных стадиях сингенеза и различались по биологическим и экологическим характеристикам. Это отразилось на видовом составе КФ, засоренности посева, повлияло на пространственное распределение ценобионтов в пределах ЦП.

КФ исследуемых видов бобовых растений 3-го года жизни на участке I в целом отличались высоким процентом ПП (кроме контрольного варианта *Onobrychis arenaria*), представляли собой густые посевы с относительно равномерным размещением особей по площади. Во всех посевах, кроме контрольного варианта *Onobrychis*, культурные растения выступали доминантами-эдикаторами, создавали аспект (табл. 16).

Несмотря на большое видовое разнообразие сорной растительности участка, видовая насыщенность невелика (от 1 до 10 видов на 0,25 м<sup>2</sup> площади). Наибольшей встречаемостью характеризуются *Hordeum jubatum* L., *Melilotus albus*, *Artemisia absinthium* L. Однако количественный учет показал, что распределение особей этих видов по площади КФ неравномерно. Например, число особей *Hordeum jubatum* в ЦП *Melilotus officinalis* составляло от 7 до 69 экземпляров, а в ЦП *Onobrychis* – от 1 до 8. Другие виды были распределены еще более неравномерно.

Мозаичность в распределении видов и особей сорных растений в составе КФ может быть обусловлена не столько случайным заносом семян, сколько микроразличиями условий местообитания ЦП [55, с. 7].

Анализ биоэкологической структуры растительности участков показал, что в составе сорных растений преобладали многолетники. Бобовые, образуя достаточно плотный травостой, сохраняя влагу под пологом и формируя специфический микроклимат, обуславливают преобладание в экологическом спектре видов-«внедренцев» влаголюбивых растений.

Было отмечено, что сорные растения хотя и достигали в своем развитии фаз цветения и плодоношения, испытывали некоторое угнетение со стороны высших культур и располагались в среднем и нижнем ярусах ценозов.

Исключение составлял контрольный вариант в посевах *Onobrychis*. По-видимому, механическое перемещение грунта талыми водами повлияло на рост и дальнейшее развитие растений. Травостой КФ в целом характеризовался низким ПП (см. табл. 16), общим угнетенным состоянием как культурных, так и сорных растений. На данном участке в составе травостоя заметно возросла доля однолетних растений, что можно объяснить как случайным заносом семян, так

**Эколого-фитоценотическая характеристика  
экспериментальных посевов многолетних бобовых на 3-й год жизни**

Культура	Участок	Вариант опыта	Характеристика травостоя				Количество особей культуры на 0,25 м²
			ОПШ, %	число сорняков на 0,25 м²		доминирующий вид	
				видов	особей		
Onobrychis arenaria	I	Контроль Опыт	15–17 80–85	7–9 2–5	27–44 6–21	Polygonum aviculare L. Puccinellia distans (Jacq.) Parl.	33–91 86–293
	II	Контроль Опыт	65 60	7–9 5–11	39–682 64–359	Kochia scoparia (L.) Schrad. Kochia scoparia (L.) Schrad.	44–158 42–145
	III	Контроль Опыт	65 70–75	1–2 1–2	8–76 1–44	Polygonum aviculare L. Polygonum aviculare L.	31–87 39–47
	I	Контроль Опыт	85–90 95	1–5 3	2–8 38	Hordeum jubatum L. Hordeum jubatum L.	84–123 153–201
	II	Контроль Опыт	65–70 75	4–6 3	300–452 192	Polygonum aviculare L. Kochia scoparia (L.) Schrad.	8–9 37
	III	Контроль Опыт	65 65–70	2–4 2–3	6–472 6–36	Polygonum aviculare L. Polygonum aviculare L.	26–34 24–44
Melilotus officinalis	I	Контроль Опыт	35–40 40–45	4 4–10	12–29 19–81	Hordeum jubatum L. Hordeum jubatum L.	49–82 47–85
	II	Контроль Опыт	60–65 60	2–5 2–4	12–1116 138–276	Polygonum aviculare L. Kochia scoparia (L.) Schrad.	5–14 11–34
	III	Контроль Опыт	65 70	2–3 2–3	7–222 76–116	Polygonum aviculare L., Salsola collina Pall. Polygonum aviculare L.	33–83 58–76



и ослаблением влияния со стороны культуры-эдификатора. Основная масса сорных растений располагалась в верхнем ярусе, который поднимался над культурным.

Для сорных видов, входящих в состав КФ, характерна дифференциация особей по фенологическому состоянию. Например, *Artemisia absinthium* представлена особями, находящимися в разных фазах развития – от ювенильных и вегетативных до генеративных, а такие виды, как *Pastinaca sylvestris* Mill., *Saussurea amara* (L.) DC., встречены только в вегетативном состоянии.

По экологическим условиям участок II является менее благоприятным для произрастания растений.

Посевы исследуемых бобовых культур отличались значительной изреженностью, неравномерным распределением и даже частичным выпадением особей (посевы *Medicago media*), но при этом высоким проективным покрытием, что обусловлено более мощным развитием и лучшим жизненным состоянием сорных растений. Аспект КФ создавали сорные растения, которые часто образовывали верхний ярус, значительно превосходя высеянные культуры по числу особей на учетную площадку (см. табл. 16).

В посевах 3-го года жизни было зарегистрировано от 3 до 13 дикорастущих видов. Из них только два (*Kochia scoparia* и *Polygonum aviculare*) были встречены во всех ЦП, имели высокое обилие (от  $sr$  до  $cop_3$ ) и являлись доминирующими видами в травостое. Высокое обилие было отмечено у *Puccinellia distans*, *Artemisia absinthium*, *Hordeum jubatum*, *Lactuca tatarica* (L.) C. A. Mey. Распределение видов сорных растений по площади КФ неравномерно: от равномерно-рассеянного до группового.

Биотипический состав КФ представлен преимущественно многолетними видами. В экологическом спектре преобладали ксерофиты, которые были более жизнеспособными в данных условиях. Господство сорных растений указывает на постепенную деградацию посевов бобовых на этом участке.

Наибольшее число видов сорных растений наблюдалось в посевах *Onobrychis arenaria*. Однако численность особей этой культуры (на 0,25 м<sup>2</sup>) почти в 3 раза превосходила численность особей *Melilotus officinalis* и *Medicago media* в соответствующих посевах. Возможно, *Onobrychis* как средообразующий компонент КФ оказал благоприятное влияние на виды-«внедренцы», обусловленное морфофизиологическими особенностями данной культуры.

Экологические условия в большей степени отразились на посевах *Medicago* и *Melilotus*.

По агрохимическим свойствам грунтосмеси участок III сходен с первым, но характеризуется худшими условиями увлажнения. Посевы исследуемых бобовых культур на нем отличались неравномерным распределением особей по площади и густотой. Некоторая изреженность наблюдалась в посеве *Medicago media*, у *Onobrychis arenaria* и *Melilotus officinalis* отмечалось выпадение особей, образование краевых голых пятен. Но в целом травостой посевов характеризовался высоким ПП (см. табл. 16). Аспект создавали высеянные культуры.

В составе травостоя сорные растения хотя и являлись многочисленными, но были представлены небольшим количеством ксерофитных видов, преобладали однолетники (*Polygonum aviculare*, *Kochia scoparia*, *Salsola collina*). Сорные растения располагались пятнами в местах выпадения бобовых, обуславливая мозаичность КФ.

Таким образом, наибольшее количество видов сорных растений наблюдалось на участке I, что можно объяснить наименьшей удаленностью его от дневной поверхности и более благоприятными эдафическими условиями.

Жизненное состояние сорных видов определялось как удовлетворительное, о чем свидетельствовало их различное фенологическое состояние – от всходов до фазы плодоношения, что давало им возможность проявлять себя в КФ неодновременно.

Неоднородность эколого-фитоценологических условий, характеризующая экспериментальные посевы, обуславливает различия в структуре и жизненности ЦП культурных многолетних бобовых.

**Структура и жизненность ЦП *Onobrychis arenaria*.** Исследование экспериментальных посевов *Onobrychis arenaria* показало существенные различия пространственной, возрастной и морфологической структуры ЦП этого растения на разных участках и в разных вариантах опыта.

Пространственная структура ЦП *Onobrychis* на участке I в опытном варианте, в отличие от контрольного, характеризуется относительно равномерным распределением ценобионтов по площади. Значительная изреженность посева в контроле обусловила различие в численности особей на одну учетную площадку: плотность посева в 2,5 раза меньше, чем в варианте с внесением удобрения (табл. 17). Размещение надземных органов ценобионтов в вертикальном направлении характеризует ярусность ЦП. В травостое опытного варианта можно выделить четыре яруса, тогда как в контроле только два. По мнению В. Н. Сукачева [62], вертикальная организация фитоценоза является конечным результатом конкурентных взаимоотношений между видами за наиболее полное использование факторов внешней среды. Улучшение минерального питания, по-видимому, повышает устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды, обуславливая более равномерную пространственную структуру опытной ЦП.

ЦП *Onobrychis* на участках II и III характеризовались горизонтальной и вертикальной неоднородностью, т. е. неравномерным распределением особей по площади, изреженностью посевов с образованием голых пятен, а также сложной дифференциацией ценобионтов по высоте. Следует отметить более равномерное распределение особей по ярусам на участке II и значительное различие их по высоте. Верхний ярус посева *Onobrychis* в контрольном варианте располагался на расстоянии 65 см, а в опыте – на 90 см. Значительной дифференциацией ценобионтов по высоте характеризовались посевы *Onobrychis* на участке III. Верхние ярусы были разбиты на несколько подъярусов. Дифференциация растений по высоте

и другим показателям может иметь место и в чистых сортовых посевах культурных растений, что, по-видимому, связано с разнокачественностью высеваемых семян. Кроме того, в специфических условиях карьера особо важное значение приобретают и абиотические факторы: температура и влажность воздуха и субстрата, водная эрозия, агрохимические и физические свойства субстрата и т. д.

Т а б л и ц а 17

**Численность и возрастные спектры  
ценопопуляций *Onobrychis arenaria***

Опытный участок	Вариант опыта	Среднее количество особей на 0,25 м <sup>2</sup>	Участие особей возрастных состояний, %			Воздушно-сухой вес всех особей на 0,25 м <sup>2</sup> , г	Среднее количество сорных растений на 0,25 м <sup>2</sup>
			<i>j</i>	<i>v</i>	<i>g</i>		
I	Контроль	62,0	0,8	97,5	1,7	5,7±1,49	35,5
	Опыт	166,0	5,0	72,0	23,0	176,4±12,62	12,6
II	Контроль	90,0	—	87,0	13,0	16,2±7,12	268,3
	Опыт	86,0	—	74,0	26,0	33,5± 13,77	164,3
III	Контроль	52,3	—	43,0	57,0	58,7±31,68	34,7
	Опыт	42,0	—	41,0	59,0	103,3±44,77	17,0

ЦП *Onobrychis* отличаются значительной дифференциацией особей по возрастному состоянию (см. табл. 17). Экспериментальные посевы *Onobrychis* имели одинаковый календарный возраст, однако возрастной спектр представлен тремя возрастными группами. Следует отметить наличие в ЦП *Onobrychis* на участке I ювенильных растений, процент которых в опытном варианте выше (5 %), чем в контрольном (0,8 %). В ЦП контрольного варианта большинство особей находится в вегетативном состоянии (97,5 %), процент генеративных незначителен.

Возрастная структура ЦП *Onobrychis* на участках II и III была представлена совокупностью вегетативных и генеративных особей, причем доля последних в опытном варианте, так же, как и на участке I, больше, чем в контроле. По-видимому, минеральные добавки повышают темп онтогенетического развития особей.

Экспериментальные посевы *Onobrychis* характеризовались сложной морфологической структурой исследуемых ЦП. Данные морфологического анализа показали, что средняя особь любой возрастной группы опытного посева (с N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>), кроме участка II, значительно отличалась по высоте, степени кущения и облиственности надземных побегов, а также размерами соцветий от ана-

логичной особи в контрольном варианте. Кроме различий между вариантами ЦП на одном участке появились различия в морфологической структуре ЦП на разных участках. Ценобионты ЦП участков I и III отличались более высокими значениями показателей. О средних величинах и варьировании количественных показателей морфологических признаков особей *Onobrychis* дают представление полученные биометрические данные (табл. 18). Они отражают значительное разнообразие побегов по мощности вегетативных и генеративных органов. Следует отметить, что анализируемые морфологические признаки особей опытного варианта характеризовались бóльшим колебанием показателей абсолютных величин, чем в контрольном, и по ряду признаков имели высокий коэффициент вариации ( $C_v$ ). Согласно Т. Ф. Рокицкому [63, с. 49],  $C_v$  дает возможность сравнивать изменчивость признаков, выражающихся в различных единицах измерения, через их степень изменчивости. Чем более однороден изучаемый материал (по происхождению, условиям выращивания и т. д.), тем меньшими окажутся  $C_v$ . Однако даже при достаточно однородном материале степень изменчивости различных признаков может быть различна, что зависит от особенностей самих признаков.

Морфологический анализ дает возможность охарактеризовать и оценить жизненность ЦП через оценку жизненного состояния отдельных ценобионтов.

О мощности ЦП можно судить по величине надземной биомассы, а также по результатам морфоанализа, позволяющего оценивать мощность (габитус) ценобионтов с помощью баллов (табл. 19). Высокая плотность произрастания особей в опытном варианте участка I, их продуктивность и высокий балл жизненности указывают на более мощное развитие ценобионтов, а в целом на лучшую жизненность ЦП; напротив, низкий балл жизненности контрольного варианта свидетельствует о неблагоприятных условиях местообитания. Недостаток увлажнения на участке III не оказал видимого влияния на жизненность ЦП, напротив, балл жизненности опытного варианта несколько выше балла аналогичного варианта на участке I (см. табл. 19). По морфологическим показателям средняя особь варианта с  $N_{90}P_{60}K_{60}$  участка I несколько уступает по ряду показателей средней особи участка III. Однако в целом особи характеризуются большей вариабельностью признаков. Наиболее резко экологические факторы повлияли на жизненность ЦП *Onobrychis* на участке II, о чем свидетельствует сравнительно низкий балл морфологической оценки ценобионтов. Средняя особь вариантов посева характеризуется меньшими значениями показателей в сравнении со средней особью ЦП участков I и III.

Достоверные различия по ряду признаков между вариантами посева *Onobrychis* на участке II говорят о положительном влиянии внесения удобрения на величину надземной биомассы растений. Так, средний вес воздушно-сухой биомассы надземных побегов у *Onobrychis* в контроле достигал 150 г/м<sup>2</sup>, в опытных посевах был в 2 раза выше.

Биометрические показатели особей *Onobrychis asenaria* в исследуемых ЦП

Возрастная группа	Показатель	Вариант	Участок I			Участок II			Участок III		
			$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$	$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$	$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$
Виргинильные	Высота побегов, см	Контроль	6,1±0,34	1,0–20,0	62	10,2±0,37	1,0–30,0	49	29,2±1,12	10,1–60,0	31
		Опыт	26,5±0,55	1,0–55,0	38	14,5±0,56	1,0–40,0	48	24,3±1,32	5,1–50,0	32
	Количество побегов в зоне кущения, шт.	Контроль	1,1±0,01	1,0–2,0	31	1,3±0,05	1,0–8,0	86	1,2±0,05	1,0–8,0	58
		Опыт	1,4±0,03	1,0–3,0	66	1,2±0,04	1,0–4,0	60	1,0±0,03	1,0–2,0	34
	Количество зеленых листьев на побегах, шт.	Контроль	2,0±0,08	1,0–6,0	61	3,7±0,11	1,0–9,0	47	3,4±0,18	1,0–9,0	50
		Опыт	3,2±0,08	1,0–12,0	56	3,4±0,10	1,0–9,0	43	4,9±0,27	1,0–10,0	43
Генеративные	Высота побегов, см	Контроль	–	–	–	35,9±2,30	10,1–65,0	37	69,0±1,86	35,0–105,0	28
		Опыт	77,8±1,42	40,1–120,0	19	43,9±1,99	10,1–90,0	37	79,0±2,97	30,0–130,0	32
	Количество побегов в зоне кущения, шт.	Контроль	–	–	–	2,0±0,25	1,0–8,0	93	2,2±0,18	1,0–9,0	97
		Опыт	2,4±0,16	1,0–12,0	87	1,7±0,10	1,0–4,0	68	2,3±0,20	1,0–8,0	90
	Количество зеленых листьев на побегах, шт.	Контроль	–	–	–	4,6±0,27	1,0–12,0	46	5,3±0,13	1,0–12,0	36
		Опыт	5,6±0,13	1,0–14,0	44	4,8±0,23	1,0–14,0	56	6,9±0,19	1,0–14,0	38
	Длина нижнего листа, см	Контроль	–	–	–	9,8±0,33	5,1–15,0	22	12,3±0,23	4,1–21,0	23
		Опыт	14,7±0,22	7,1–25,0	21	11,1±0,25	6,1–19,0	21	14,1±0,28	8,0–24,0	24
	Количество соцветий на одном побеге, шт.	Контроль	–	–	–	1,3±0,11	1,0–4,0	73	2,0±0,19	1,0–8,0	112
		Опыт	2,0±0,15	1,0–11,0	98	1,4±0,07	1,0–3,0	63	2,1±0,16	3,0–9,0	38
	Длина одного соцветия, см	Контроль	–	–	–	1,6±0,14	1,0–5,0	41	2,0±0,06	1,0–5,0	56
		Опыт	2,3±0,08	1,0–9,0	67	2,0±0,10	1,0–5,0	64	2,0±0,14	1,0–0,14	110
		Контроль	–	–	–	8,8±0,98	1,0–32,0	93	8,1±0,21	1,0–20,0	45
		Опыт	7,3±0,21	1,0–22,0	67	5,0±0,28	1,0–15,0	74	7,6±0,19	3,0–21,0	31

**Влияние условий выращивания  
на жизненность ЦП *Onobrychis arenaria***

Опытный участок	Вариант	Среднее количество особей на 0,25 м <sup>2</sup>	Участие особей возрастных состояний, %		Воздушно-сухой вес всех особей на 0,25 м <sup>2</sup> , г	Жизненность, баллы	
			v	g		v	g
I	Контроль	62,0	98,3	1,7	5,7±1,49	4,85	34,8
	Опыт	166,0	77,0	23,0	176,4±12,63	10,26	53,0
II	Контроль	90,0	87,0	13,0	16,2±7,12	7,62	36,98
	Опыт	86,0	74,0	26,0	33,5±13,77	7,99	36,1
III	Контроль	52,3	43,0	57,0	58,7±31,68	11,09	47,14
	Опыт	42,3	41,0	59,0	103,3±44,77	11,72	52,06

Возрастная структура, а также продуктивность экспериментальных посевов отражают удовлетворительную жизненность ЦП *Onobrychis arenaria* и подтверждают эффективность внесения минеральных удобрений.

Урожайность и посевные качества семян являются основными показателями способности вида к самоподдержанию, что также позволяет оценить жизненность экспериментальных посевов. Анализ семян показал их разнокачественность по весу, деление на крупные и мелкие.

Процент всхожести семян *Onobrychis* очень низкий. Внесение удобрений улучшает качество семян, и экспериментальные посевы *Onobrychis* в специфических условиях разреза становятся способными к самовозобновлению. Длительное использование посева возможно в случае проведения агротехнических мероприятий (подсев, внесение удобрений).

**Структура и жизненность ЦП *Medicago media*.** Специфические условия разреза определили существенные различия пространственной структуры ЦП *Medicago media*.

Пространственная структура ЦП *Medicago* на участке I отличается более равномерным распределением ценобионтов по площади, сложной дифференциацией особей по высоте. По густоте посева опытный вариант превосходит контрольный (табл. 20). Распределение ценобионтов по ярусам выражено слабо, так как побеги особей, достигших максимального развития, полегли, образовав плотный сомкнутый покров; особенно это выражено в опытном варианте. Конкуренция особей за свет определила сильное варьирование ценобионтов по высоте. Высота генеративных особей ЦП в опытном варианте изменяется в пределах от 40 до 155 см, а в контроле – от 40 до 110 см.

**Численность и возрастные спектры ЦП *Medicago media***

Опытный участок	Вариант	Среднее количество особей на 0,25 м <sup>2</sup>	Участие особей возрастных состояний, %			Воздушно-сухой вес всех особей на 0,25 м <sup>2</sup> , г	Среднее количество сорных растений на 0,25 м <sup>2</sup>
			<i>j</i>	<i>v</i>	<i>g</i>		
I	Контроль	110,0	—	44,0	56,0	154,7±48,18	5
	Опыт	177,0	1,0	28,0	71,0	196,3±56,51	19
II	Контроль	8,5	—	35,0	65,0	17,8±1,62	376
	Опыт	37,0	—	11,0	89,0	55,0±3,43	192
III	Контроль	30,0	—	28,0	72,0	88,8±5,83	236
	Опыт	34,0	—	7,0	93,0	148,0±12,75	16

Иные условия экотопов участков II и III определили различие пространственной структуры экспериментальных посевов *Medicago*. Размещение особей по площади ЦП неравномерно, на месте выпадения особей культуры наблюдается поселение сорняков, которые значительно превосходят по численности исследуемый вид (см. табл. 20). Численность особей контрольного варианта очень мала, в 4 раза меньше, чем в варианте с N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. По-видимому, отрицательные свойства грунтосмеси участка II повлияли на прорастание семян; внесение удобрений, напротив, улучшило условия роста и развития. Дифференциация особей по высоте более четко выражена в опытном варианте. Варьирование этого признака незначительное, причем более сильное колебание высоты генеративных особей наблюдается в контрольном варианте (от 20 до 65 см против 25–55 см в опыте). Пространственная структура ЦП *Medicago* участка III аналогична структуре ЦП участка I и характеризуется более или менее равномерным размещением ценобионтов по площади, дифференциацией по ярусам.

Возрастная структура, в зависимости от свойств экотопа, различается как по участкам, так и по вариантам. Наиболее полно возрастной спектр представлен в ЦП опытного варианта на участке I. Наличие ювенильных растений указывает на неодновременность прорастания, однако не исключена возможность самовозобновления *Medicago*. Возрастной спектр ЦП в опытном варианте характеризуется значительным увеличением процента генеративных особей (см. табл. 20), что говорит об ускорении темпа онтогенетического развития ценобионтов при улучшении минерального питания.

ЦП *Medicago media* имеют сложную морфологическую структуру. Разнообразие экологических и фитоценологических условий вызывает различия в развитии ценобионтов.



Изменения мощности ценобионтов в зависимости от возрастного состояния и условий выращивания иллюстрирует табл. 21. По основным морфологическим показателям средняя особь ЦП *Medicago* на участке I значительно превосходит среднюю особь ЦП участков II и III.

Наряду с этим следует отметить довольно низкое значение показателя количества побегов в зоне кушения у ценобионтов участка I, что, по-видимому, связано с большой плотностью растений в пределах ЦП. Морфогенез особей характеризуется в этом случае более мощным развитием побегов кушения и ветвления, увеличением их длины.

Анализируемые признаки характеризуются значительными колебаниями показателей, о чем свидетельствуют высокие  $C_v$  почти по всем признакам (см. табл. 21), но наиболее вариабельными являются высота побега кушения и количество соцветий на нем.

Таким образом, особи исследуемых ЦП *Medicago* имеют разную мощность, что обуславливается ходом онтогенеза. Различия в мощности ценобионтов одной возрастной группы вызываются конкретными экологическими условиями, а также биологическими особенностями особи. Исследуемые ЦП *Medicago media* в целом характеризуются высоким баллом жизненности (табл. 22).

Опытный вариант посева участка I характеризуется высокой плотностью растений на учетную площадку, имеет сложную пространственную структуру, нормальный возрастной спектр, что в целом указывает на хорошую жизненность данной ЦП. Достаточно высокий балл жизненности имеют посевы *Medicago* на участке III. Уступая по некоторым показателям, ценобионты характеризуются увеличением числа побегов кушения, что значительно повышает общую мощность особи. Наблюдаемое различие вариантов по баллам позволяет оценить положительное влияние удобрения на развитие особей *Medicago* на участках I и III.

Наиболее низкий балл жизненности имеют ЦП *Medicago* на участке II, что обусловлено отрицательным влиянием на развитие *Medicago* кислой реакции среды. По-видимому, внесение удобрения на этом участке не оказывает положительного влияния на изменение мощности ценобионтов. Однако эффективность внесения удобрения проявляется в увеличении надземной биомассы (почти в 2 раза), а также большей выживаемости ценобионтов. Оценивая жизненность ЦП *Medicago* на участке II, следует признать, что факторы среды, сильная засоренность привели к некоторой деградации посева.

Посевы *Medicago* практически не способны к самовозобновлению. На участках I и III растения в конце вегетации находились в фазе зеленых плодов. На участке II семена созрели, но всхожесть их очень низкая, что также свидетельствует о неудовлетворительной жизненности ЦП.

Таким образом, *Medicago media* оказалась более требовательной к эдафическим условиям, чем *Onobrychis arenaria*. Создание продуктивных КФ можно ожидать на субстратах с нейтральной реакцией среды (продукты выветривания песчаников, аргиллитов и алевролитов и др.).

**Биометрические показатели особей *Medicago media*  
в исследуемых ЦП**

Возрастная группа	Показатель	Вариант	Участок I			Участок II			Участок III		
			$\bar{X}_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$	$\bar{X}_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$	$\bar{X}_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$
Виргинийские	Высота побегов, см	Контроль	30,6±1,13	5,1–65,0	44	12,6±1,18	5,1–20,0	23	17,2±1,14	5,1–25,0	30
		Опыт	43,2±2,06	10,1–90,0	38	16,3±1,39	5,1–25,0	34	21,2±3,03	10,1–35,0	37
	Количество побегов в зоне кущения, шт.	Контроль	1,2±0,04	1,4–4,0	38	2,2±0,60	1,0–5,0	66	1,9±0,24	1,0–0,24	58
		Опыт	1,4±0,08	1,0–3,0	46	1,5±0,78	1,0–2,0	46	1,7±0,53	1,0–5,0	81
Генеративные	Высота побегов, см	Контроль	68,6±0,91	35,1–110,0	17	39,0±4,66	15,1–65,0	39	49,1±2,3	10,1–100,0	37
		Опыт	83,5±1,76	35,1–155,0	23	39,1±1,77	20,1–55,0	25	61,2±1,9	30,1–105,0	31
	Количество побегов в зоне кущения, шт.	Контроль	2,6±0,17	1,0–12,0	70	3,9±0,8	1,0–10,0	66	5,5±0,53	1,0–17,0	79
		Опыт	2,0±0,10	1,0–8,0	58	3,3±0,29	1,0–6,0	48	4,0±0,22	1,0–10,0	55
	в том числе генеративных	Контроль	2,2±0,12	1,0–9,0	60	3,6±0,69	1,0–8,0	62	3,0±0,36	1,0–16,0	98
		Опыт	1,4±0,03	1,0–3,0	23	2,8±0,30	1,0–6,0	59	3,4±0,22	1,0–10,0	65
	Количество побегов ветвления, шт.: вегетативных	Контроль	3,8±0,16	0–10,0	68	3,6±0,5	0–11,0	86	3,7±0,19	0–12,0	70
		Опыт	4,0±0,12	0–10,0	38	3,9±0,27	0–10,0	62	3,3±0,09	0–8,0	53
	генеративных	Контроль	2,3±0,18	0–12,0	126	4,2±0,62	0–11,0	93	4,8±0,29	0–19,0	85
		Опыт	4,1±0,25	0–14,0	78	4,4±0,35	0–11,0	73	2,5±0,19	0–14,0	136

Возрастная группа	Показатель	Вариант	Участок I				Участок II				Участок III			
			$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$	$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$	$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$	$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$
Генеративные	Длина побега ветвления, см: вегетативного	Контроль	4,7±0,10	1,0–21,0	71	3,3±0,12	2,0–9,0	42	3,4±0,1	1,0–17,0	78			
		Опыт	7,4±0,19	1,0–30,0	64	2,4±0,15	1,0–17,0	110	4,9±0,08	1,0–18,0	57			
		Контроль	8,7±0,34	1,0–55,0	103	5,2±0,29	1,0–14,0	70	8,3±0,31	1,0–58,0	114			
		Опыт	12,6±0,49	1,0–66,0	86	3,8±0,17	1,0–21,0	88	7,4±0,15	1,0–38,0	72			
	Количество соцветий на побеге ветвления, шт.	Контроль	2,5±0,08	1,0–11,0	66	2,6±0,10	1,0–7,0	44	3,5±0,13	1,0–43,0	200			
		Опыт	4,4±0,13	1,0–17,0	60	2,1±0,03	1,0–5,0	24	3,7±0,08	1,0–17,0	72			
	Количество соцветий на побеге кушения, шт.	Контроль	5,1±0,12	1,0–13,0	39	5,3±0,34	1,0–9,0	41	6,4±0,22	1,0–16,0	47			
		Опыт	5,5±0,18	1,0–15,0	42	3,7±0,19	1,0–8,0	46	7,2±0,16	1,0–17,0	39			
	Длина соцветия на побеге кушения, см	Контроль	2,4±0,04	1,0–9,0	55	1,4±0,05	1,0–4,0	54	1,8±0,03	1,0–10,0	56			
		Опыт	2,5±0,04	1,0–8,0	46	1,6±0,05	1,0–6,0	47	1,9±0,02	1,0–7,0	53			

**Влияние условий выращивания  
на жизненность ЦП *Medicago media***

Опытный участок	Вариант	Среднее количество особей на 0,25 м <sup>2</sup>	Участие особей возрастных состояний, %		Воздушно-сухой вес всех особей на 0,25 м <sup>2</sup> , г	Жизненность, баллы	
			v	g		v	g
I	Контроль	110,0	44,0	56,0	154,7±48,18	7,76	48,81
	Опыт	177,0	29,0	71,0	196,3±56,47	10,75	58,72
II	Контроль	8,5	35,0	65,0	17,8±1,62	5,15	44,68
	Опыт	37,0	11,0	89,0	55,0±3,43	5,25	39,69
III	Контроль	30,0	28,0	72,0	88,8±5,83	5,28	52,51
	Опыт	34,0	7,0	93,0	148,1±12,75	6,42	54,19

**Структура и жизненность ЦП *Melilotus officinalis*.** Изучение посевов *Melilotus officinalis* на бермах бурогольного карьера дало возможность проанализировать структуру и оценить жизненность экспериментальных ЦП этой культуры.

Проведенные исследования показали зависимость пространственной структуры от условий произрастания на разных участках. Наиболее равномерным распределением особей в пределах ЦП характеризуются посевы на участках I и III. Следует отметить также незначительное различие вариантов по плотности посевов на этих участках (табл. 23). ЦП *Melilotus* на участке II имеют более сложную пространственную структуру, что обусловлено, по-видимому, адаптивной реакцией растений на отрицательные свойства субстрата. Размещение особей в посеве неравномерное. Число особей на учетную площадку колеблется в контрольном варианте от 5 до 14, в опытном – от 11 до 34. Крайняя изреженность посева привела к возникновению пятен, лишенных культуры донника, которые заполнены сорняками. Численность последних во много раз превышает число особей культуры.

Пространственная структура ЦП *Melilotus officinalis*, кроме того, характеризуется сложной дифференциацией особей по высоте. Вертикальная структура ЦП отличается более или менее равномерным распределением особей по ярусам, что способствует более полному использованию солнечной энергии.

Неблагоприятные экологические условия замедлили ход онтогенеза *Melilotus officinalis*: посевы 2-го года были представлены вегетирующими особями, и только на 3-й год донник перешел в генеративное состояние. Полный жизненный

цикл все особи прошли только на участке I и в ЦП опытных вариантов на участках II и III. Структура возрастного спектра ЦП *Melilotus* является следствием одновременного прорастания семян. Наличие вегетативных особей в посевах обусловлено лимитирующими факторами развития (кислотность субстрата, недостаточное увлажнение).

Т а б л и ц а 23

**Численность и возрастные спектры ЦП *Melilotus officinalis***

Опытный участок	Вариант	Среднее количество особей на 0,25 м <sup>2</sup>	Участие особей возрастных состояний, %		Воздушно-сухой вес всех особей на 0,25 м <sup>2</sup> , г	Среднее количество сорных растений на 0,25 м <sup>2</sup>
			v	g		
I	Контроль	65,5	—	100,0	67,1±50,41	12
	Опыт	68,3	—	100,0	140,7±21,75	52
II	Контроль	10,7	3,0	97,0	8,7±2,04	469
	Опыт	26,3	—	100,0	13,3±4,29	209
III	Контроль	60,3	5,0	95,0	35,0±7,88	83
	Опыт	66,3	1,0	99,0	59,8±13,88	101

Анализ морфологических особенностей ценобионтов показал сложную морфологическую структуру ЦП. Различные эколого-фитоценотические условия по-разному влияют на мощность ценобионтов (табл. 24). Наиболее высокими значениями морфологических показателей, характеризующих мощность, обладают особи опытного варианта посева на участке I. Вычисленная средняя особь этой ЦП значительно отличается по таким показателям, как высота, количество и длина побегов ветвления, количество и длина соцветий побега кущения, что является следствием наиболее благоприятных условий местообитания. Особи участков II и III имеют меньшую мощность за счет уменьшения вегетативного ветвления побегов. Различия в мощности ценобионтов проявляются в варьировании морфологических признаков, о чем свидетельствуют высокие  $C_v$  по ряду показателей. При анализе пределов варьирования был выявлен значительный размах вариации признаков для опытного варианта участка I по сравнению с контрольным, что нельзя проследить на участках II и III.

Изучение пространственной, возрастной и морфологической структуры позволяет подойти к оценке жизненности ЦП *Melilotus officinalis*. Высокий балл жизненности имеет опытный вариант посева *Melilotus* на участке I (табл. 25). Жизненность ЦП культуры участков неудовлетворительная II и III.

Биометрические показатели генеративных особей *Melilotus officinalis* в исследуемых ЦП

Показатель	Вариант	Участок I			Участок II			Участок III		
		$X_{cp} \pm m$	lim	$C_p, \%$	$X_{cp} \pm m$	lim	$C_p, \%$	$X_{cp} \pm m$	lim	$C_p, \%$
Высота побегов, см	Контроль	47,6±1,37	5,1–90,0	33	40,3±2,63	15,0–75,0	36	41,3±1,22	5,0–105,0	37
	Опыт	58,2±1,22	10,1–120,0	30	30,6±1,29	5,0–70,0	37	39,0±0,95	5,0–80,0	30
Количество побегов в зоне кущения, шт.	Контроль	1,6±0,06	1,0–7,0	33	1,7±0,10	1,0–3,0	34	1,7±0,11	1,0–8,0	82
	Опыт	1,9±0,09	1,0–9,0	67	1,6±0,07	1,0–4,0	42	1,7±0,12	1,0–9,0	94
в том числе генеративных	Контроль	1,5±0,05	1,0–4,0	40	1,6±0,11	1,0–3,0	38	1,5±0,06	1,0–8,0	57
	Опыт	1,5±0,05	1,0–7,0	54	1,5±0,07	1,0–4,0	45	1,5±0,11	1,0–8,0	93
Количество побегов ветвления, шт.: вегетативных генеративных	Контроль	1,0±0,1	0–7,0	156	1,0±0,07	0–3,0	–	–	–	–
	Опыт	1,1±0,1	0–7,0	156	–	–	–	–	–	–
	Контроль	5,4±0,26	0–15,0	69	5,4±0,48	0–12,0	61	3,7±0,24	0–14,1	97
	Опыт	6,3±0,25	0–17,0	68	4,1±0,25	0–13,0	68	3,6±0,23	0–15,0	106
Длина побега ветвления, см: вегетативного генеративного	Контроль	2,0±0,09	1,0–9,0	61	5,3±0,98	3,0–7,0	32	–	–	–
	Опыт	3,2±0,24	1,0–16,0	89	–	–	–	–	–	–
Количество соцветий на побеге ветвления, шт.	Контроль	5,6±0,13	1,0–24,0	77	5,3±0,18	1,0–19,0	56	5,2±0,14	1,0–28,0	83
	Опыт	8,3±0,13	1,0–50,0	72	3,2±0,24	1,0–21,0	98	5,2±0,12	1,0–24,0	73
Количество соцветий на побеге ветвления, шт.	Контроль	3,1±0,05	1,0–10,0	43	3,0±0,07	1,0–6,0	30	2,7±0,07	1,0–12,0	58
	Опыт	4,1±0,08	1,0–22,0	73	1,8±0,06	1,0–4,0	27	2,7±0,06	1,0–10,0	45
Количество соцветий на побеге кущения, шт.	Контроль	6,3±0,19	1,0–13,0	41	6,8±0,32	2,0–11,0	32	5,2±0,12	1,0–12,0	35
	Опыт	7,6±0,17	1,0–19,0	39	5,3±0,20	1,0–10,0	41	6,0±0,14	1,0–14,0	26
Длина соцветия на побеге кущения, см	Контроль	5,2±0,63	1,0–12,0	62	4,9±0,11	1,0–12,0	37	3,7±0,14	1,0–12,0	41
	Опыт	6,1±0,05	1,0–13,0	33	4,4±0,09	1,0–12,0	28	3,1±0,06	1,0–11,0	63

**Влияние условий выращивания  
на жизненность ЦП *Melilotus officinalis***

Опытный участок	Вариант опыта	Среднее количество особей на 0,25 м <sup>2</sup>	Участие особей возрастных состояний, %		Воздушно-сухой вес всех особей на 0,25 м <sup>2</sup> , г	Жизненность, баллы
			<i>v</i>	<i>g</i>		
I	Контроль	65,0	—	100,0	67,1±50,4	43,25
	Опыт	68,3	—	100,0	140,7±21,75	53,36
II	Контроль	10,7	3,0	97,0	8,7±2,04	45,42
	Опыт	26,3	—	100,0	13,3±4,29	30,30
III	Контроль	60,3	5,0	95,0	35,0±7,88	34,52
	Опыт	66,3	1,0	99,0	59,8±13,88	34,50

Положительный эффект внесения удобрения наиболее четко проявился на участке I. На участках II и III оно способствовало сохранению посевов, вследствие чего общая фитомасса в опытных посевах выше, чем в контрольных (см. табл. 25).

Анализ посевных качеств семян (табл. 26) показал крайне низкую их всхожесть (без скарификации), что указывает на сложность создания устойчивого КФ *Melilotus* в условиях угольного карьера.

Таким образом, проведенные исследования показали, что пространственная структура ЦП многолетних бобовых растений, произрастающих в условиях угольного разреза, характеризуется вертикальной и горизонтальной неоднородностью, что проявляется в сильной дифференциации ценобионтов по высоте и равномерном или неравномерном размещении особей в пределах контура КФ.

В ряде ЦП исследуемых культур наблюдается значительная изреженность посевов, что особенно наглядно проявилось в ЦП контрольного варианта посева *Onobrychis arenaria* на участке I. Причиной выпадения растений являются прежде всего эрозийные процессы, а также обострение конкурентных отношений в условиях, крайне неблагоприятных для роста и развития. При внесении удобрения наблюдается лучшая сохранность посевов и более равномерное распределение особей по площади.

Возрастные спектры исследуемых ЦП свидетельствуют о том, что растения многолетних бобовых культур проходят весь жизненный цикл развития. Существование в 3-летних посевах особей различного возрастного состояния обусловлено не только разновременным прорастанием семян, но и влиянием различных экологических факторов, вызывающих задержку онтогенетического развития.



## Урожайность и посевные качества семян многолетних бобовых

Культура	Опытный участок	Вариант	Количество семян на 0,25 м <sup>2</sup>		Вес семян, г	Энергия прорастания семян, %		Всхожесть семян, %	
			крупных	мелких		крупных	мелких	крупных	мелких
<i>Onobrychis arenaria</i>	I	Контроль	45	16	0,63	4,4	14,3	77,8	78,6
		Опыт	412	1377	24,16	1,0	–	45,5	–
	II	Контроль	66	71	1,35	4,5	4,2	57,6	49,3
		Опыт	159	358	6,23	6,0	6,0	68,0	49,3
	III	Контроль	119	325	5,55	1,0	5,0	57,7	60,0
		Опыт	173	211	5,24	2,9	4,5	63,2	63,0
<i>Medicago media</i>	I	Контроль	1173	2571	6,81	2,0	1,0	3,5	1,5
		Опыт	9000	2565	18,32	5,5	3,0	7,0	3,0
	II	Контроль	61	126	0,15	14,0	4,0	20,0	7,0
		Опыт	68	83	0,13	2,9	21,1	2,9	31,6
<i>Melilotus officinalis</i>	III	Контроль	156	675	0,69	6,0	2,5	6,0	5,0
		Опыт	189	131	0,38	8,7	15,3	18,6	32,0

Проведенные исследования показали, что внесение минеральных удобрений ускоряет развитие особей, о чем свидетельствует возрастание процента генеративных особей в ЦП.

Исследуемые ЦП бобовых имеют сложную морфологическую структуру, что обусловлено большой вариабельностью всех признаков. Данные морфологического анализа показали положительное влияние внесения удобрений на ход развития и мощность ценобионтов. Однако положительный эффект внесения удобрений проявляется в разной степени и зависит, возможно, от агрохимических свойств грунта. Внесение удобрения менее эффективно на участке III. Наиболее отзывчивой культурой среди исследуемых бобовых оказался *Onobrychis arenaria*. Возрастная и морфологическая структура, а также продуктивность экспериментальных посевов в целом отражают удовлетворительную жизненность ЦП исследуемых видов.

Изучение посевных качеств семян исследуемых культур показало крайне низкую всхожесть семян, что указывает на отсутствие способности ЦП к самовозобновлению. Высокая степень засоренности посевов обусловила частичную деградацию экспериментальных КФ участков II и III.

Эффективное использование многолетних бобовых в условиях угольного разреза для создания продуктивных КФ возможно лишь при проведении соответствующих технических мероприятий с учетом специфических требований культур к субстрату.

Проведенные испытания многолетних трав позволили охарактеризовать высоту травостоя, темп развития и способность к семенному возобновлению в условиях карьера и определить их ассортимент для разных пород и с учетом направления использования (табл. 27).

Учет данных табл. 27 позволяет прогнозировать состояние КФ. Например, посевы *Trifolium pratense* и *Amoria hybrida* можно рекомендовать лишь на плодородных и потенциально плодородных породах. Обладая быстрым темпом развития, они на 2-й или 3-й год при соответствующей агротехнике дают максимальную надземную массу, но на 4–5-й могут почти полностью деградировать, при этом семенного возобновления не наблюдается.

КФ *Phleum pratense* и *Dactylis glomerata* при соответствующем уходе длительное время могут находиться в хорошем состоянии за счет семенного возобновления, а посевы *Bromopsis inermis* – преимущественно за счет вегетативного размножения.

**Трансформация экспериментальных посевов.** Нами прослежена трансформация экспериментальных посевов с подробным ценопопуляционным анализом наиболее перспективных видов на двух участках, расположенных на глубине 14 м и 64 м от дневной поверхности (соответственно участки I и III).

С момента высева культурных видов в карьере прошло 20 лет. За этот период никаких агротехнических мероприятий на данных участках не проводилось.

На ряде делянок произошло полное выпадение высеянных видов либо вытеснение культурного вида видами-«внедренцами» и смещение его на соседние делянки. На части делянок культурный вид сохранился. Но во всех случаях имеет место смена прежних КФ новыми генерациями ЦП растений. Экологические условия (увлажнение и свойства грунтосмеси) определяли специфику как пионерных группировок (видовой состав, засоренность посевов, пространственное распределение культурных видов), так и КФ в последующем.

Наблюдения за экспериментальными посевами в течение 20 лет показали, что особый интерес представляют многолетние виды *Bromopsis inermis*, *Onobrychis arenaria* и *Medicago media*, способные натурализоваться в условиях карьера.

Для культурного вида отмечались сохранность, обилие, наличие возобновления между рядами, выход вида за территорию делянок, проявление краевого эффекта и жизненность. Для сравнительной характеристики численности, а также структуры ЦП в качестве счетной единицы (ценобионта) у *Bromopsis inermis* рассматривали единичные парциальные побеги или кусты, у *Onobrychis arenaria* и *Medicago media* – особь. Оценивались всхожесть и энергия прорастания семян.

## Ассортимент многолетних трав для Коркинского угольного карьера

Вид	Высота травостоя	Темп развития	Способность к семенному возобновлению	Рекомендуемые породы	Направление использования посева
Злаковые					
<i>Elymus sibiricus</i> L.	Низкий, средний	Средний	Слабая	Мало-пригодные	Озеленение; санитарно-гигиеническое
<i>Agropyron pectinatum</i> (Bieb.) Beauv.	Средний	Средний	Хорошая	Мало-пригодные	Сенокосные угодья
<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub	Средний, высокий	Медленный	Удовлетворительная, хорошая	Мало-пригодные	Сенокосные угодья
<i>Festuca pratensis</i> Huds.	Средний	Медленный	Слабая, удовлетворительная	Пригодные, потенциально плодородные	Озеленение; санитарно-гигиеническое
<i>Agrostis gigantea</i> Roth.	Низкий, средний	Медленный	Слабая, удовлетворительная	Мало-пригодные	Озеленение; санитарно-гигиеническое
<i>Elymus trachycaulus</i> (Link) Gould & Shinnners	Средний	Средний	Слабая, удовлетворительная	Мало-пригодные	Озеленение; санитарно-гигиеническое
<i>Elymus fibrosus</i> (Schrenk) Tzvel.	Средний	Средний	Слабая, удовлетворительная	Мало-пригодные	Сенокосные угодья
<i>Phleum pratense</i> L.	Средний, высокий	Средний	Удовлетворительная, хорошая	Мало-пригодные	Сенокосные угодья
Бобовые					
<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	Средний, высокий	Быстрый	Удовлетворительная	Мало-пригодные	Культура, сидерат
<i>Amoria hybrida</i> (L.) C. Presl	Средний	Быстрый	Не наблюдалось	Пригодные, потенциально плодородные	Сенокосные угодья, декоративные

Вид	Высота травостоя	Темп развития	Способность к семенному возобновлению	Рекомендуемые породы	Направление использования посева
<i>Trifolium pratense</i> L.	Средний	Быстрый	Не наблюдалось	Пригодные, потенциально плодородные	Сенокосные угодья, декоративные
<i>Medicago media</i> Pers.	Средний, высокий	Медленный	Слабая	Мало-пригодные	Сенокосные угодья
<i>Onobrychis arenaria</i> (Kit.) DC.	Высокий	Медленный	Хорошая	Мало-пригодные	Сенокосные угодья

**П р и м е ч а н и е.** В таблице условно приняты следующие значения: 1. Высота травостоя: низкий – основная масса растений (> 80 %) ниже 25 см; средний – основная масса растений 25–60 см; высокий – основная масса растений выше 60 см. 2. Темп развития условно определяется временем, когда культурфитоценоз достигает максимальной продуктивности: на 2–3-й год – быстрый, на 4–5-й – средний, на 6–7-й – медленный. Темпом развития определяется и долголетие посева. 3. Способность к семенному возобновлению определяется в период максимального развития культурфитоценоза и имеет следующее соответствие: слабая – всхожесть собранных семян не более 10 %, в культурфитоценозе имеются единичные всходы и ювенильные растения; удовлетворительная – всхожесть собранных семян 10–80 %, всходы и ювенильные растения составляют 10–30 % от общего числа особей; хорошая – всхожесть собранных семян более 80 %, наблюдаются массовые всходы и ювенильные растения.

В ходе исследований было установлено, что дикоросы располагались пятнами в местах выпадения культурных растений, обуславливая мозаичность КФ. В свою очередь, неоднородность эколого-фитоценологических условий, свойственная экспериментальным участкам, обусловила различия в структуре ЦП *Onobrychis arenaria*, *Medicago media* и *Bromopsis inermis*.

На каждом исследованном участке было описано по 59 видов; из них 44 вида встречалось на обоих участках. К числу общих видов относятся: *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth и *Taraxacum officinale* с наивысшим классом постоянства (КП) (10–10 соответственно для участков I и III), а также *Saussurea amara* (8–8), *Lactuca tatarica* (10–8), *Melilotus albus* и *Elytrigia repens* (7–5), *Phleum pratense*, *Bromopsis inermis*, *Agrostis gigantea* (5–5). Большинство этих видов – анемохоры и гемианемохоры, т. е. семена их легко заносятся с неповрежденных территорий и равномерно распространяются токами воздуха.

Для участка I характерно присутствие большого количества бобовых: *Astragalus sulcatus* L. (КП – 8), *Medicago media* (7), *Trifolium pratense* (10), *Amoria repens* (7), *Vicia cracca* (8). Кроме названных видов, высокий КП здесь имеют *Pimpinella saxifraga* L. (9), *Linaria vulgaris* (9), *Achillea millefolium*, *A. nobilis* L. (10 и 10), *Artemisia vulgaris* L. (10), *Cirsium setosum* (10).

На участке III высокий КП из бобовых имеют единственный натурализованный культурный вид – *Onobrychis arenaria* (8), а также *Hieracium cymosum* L. (10), *Carduus crispus* L. (8), *Berteroa incana* (L.) DC. (7) и *Rumex acetosella* L.

Анализируя раункиеровские площадки, можно сказать, что наибольшее видовое разнообразие наблюдалось в тех микрогруппировках, где проективное покрытие культурой *Onobrychis* не более 40 %. Наиболее перспективными в качестве «внедренцев» во второй и третий ярусы данного растительного сообщества оказались *Achillea millefolium*, *A. nobilis*, *Linaria vulgaris*, *Dianthus acicularis* Fisch. ex Ledeb., *Rumex acetosella*, *Lactuca tatarica*, *Taraxacum officinale*, а в первый ярус – *Calamagrostis epigeios*, *Bromopsis inermis*, *Artemisia absinthium*. В большинстве своем это многолетние мезофиты. Можно предположить, что *Onobrychis* создают фитоценотическую среду, благоприятную для их внедрения в сообщество, а также обогащают почву азотом, но хорошее развитие их возможно лишь в тех местах, где *Onobrychis* уже изрежен.

**Структура и жизненность ЦП *Bromopsis inermis*.** Пространственная структура ЦП *Bromopsis inermis* характеризуется относительно равномерным распределением ценобионтов по площади на участке I и горизонтальной неоднородностью – на участке III. Как показали наши исследования, со временем происходит уменьшение общего числа побегов *Bromopsis* независимо от участка (табл. 28). Плотность ценобионтов больше на участке I. Наблюдается зависимость плотности от культуры-предшественника (вариант A – культура-предшественник *Onobrychis arenaria*, вариант B – культура-предшественник *Bromopsis inermis*).

Т а б л и ц а 28

Плотность *Bromopsis inermis* по ЦП

Опытный участок	Вариант	Культура-предшественник	Год исследований	Число ценобионтов, шт/ 0,1 м <sup>2</sup>		Число g побегов		Число v побегов	
				lim	$\bar{X}_{cp}$	шт/м <sup>2</sup>	%	шт/м <sup>2</sup>	%
I	A	<i>Onobrychis arenaria</i>	1989	11–56	38,8	159	41,0	229	59,0
			1993	0–50	24,0	37	15,4	203	84,6
	B	<i>Bromopsis inermis</i>	1989	0–27	14,4	28	19,4	116	80,6
			1993	0–36	11,5	11	9,6	104	90,4
III	C	<i>Bromopsis inermis</i>	1989	0–40	5,1	2	3,9	49	96,1
			1993	0–20	4,1	3	7,3	38	92,7

По результатам исследований разных лет установлено, что в ЦП *Bromopsis inermis*, произрастающих в условиях карьера, преобладают вегетативные ценобионты. Доля генеративных побегов в среднем по участку I снижается в 2,4 раза, вегетативных – увеличивается в 1,3 раза, на участке III наблюдается обратная картина – в 1,9 раза увеличивается доля генеративных побегов и на 3,4 % уменьшается доля вегетативных.

Как уже отмечалось ранее, численность и мощность взрослых особей являются основными признаками жизненности ЦП. За период наблюдений в целом по ЦП *Bromopsis inermis* установлено снижение мощности генеративных и вегетативных ценобионтов. Уменьшаются высота побега, количество узлов, общее количество листьев, количество цветков в соцветии и др.

Полученные данные по морфологическому анализу в зависимости от участка показали, что ЦП *Bromopsis inermis* на участке III представлена менее мощными ценобионтами. Жизненность данной ЦП ниже, чем на участке I (табл. 29, 30). Анализ генеративной сферы, проведенный в 1992 г., вскрыл, как нам кажется, очень интересные особенности в развитии ЦП *Bromopsis*. На участке III численность ЦП ниже, чем на участке I, ниже мощность ценобионтов, но повышается качество состояния генеративной сферы: больше количество образовавшихся семян на одно соцветие и семена одного соцветия имеют больший вес (на участке I среднее количество цветков в соцветии – 153 шт., количество образующихся семян в среднем равно 10 шт., вес семян одного соцветия в среднем 0,04 г; на участке III среднее количество цветков в соцветии – 152 шт., а количество образующихся семян – 28 шт., вес семян в среднем 0,10 г).

Таким образом, можно предположить, что ЦП *Bromopsis* на участке III поддерживается за счет семенного возобновления, которое достигается повышением качества генеративной сферы (соцветие дает большее количество полноценных семян). Анализ всхожести и энергии прорастания семян показал, что *Bromopsis*, выращенный в условиях карьера, дает доброкачественные семена, поэтому можно ожидать и в дальнейшем самоподдержании ЦП (табл. 31). Длительность существования ЦП *Bromopsis inermis* находится в зависимости от фитоценоотического фактора.

**Структура и жизненность ЦП *Onobrychis arenaria* и *Medicago media*.** 20-летние наблюдения за экспериментальными посевами показали, что особый интерес представляют бобовые культуры с медленным темпом развития, такие как *Onobrychis arenaria* и *Medicago media*, образующие в условиях карьера на малоплодородных породах долголетние КФ, признаки деградации которых начинают проявляться не ранее 10-летнего возраста.

Для изучения ЦП *Onobrychis arenaria* были выделены четыре варианта в зависимости от культуры-предшественника, а для *Medicago media* – два варианта (табл. 32).

Биометрические показатели генеративных побегов *Bromopsis inermis*

№ п/п	Показатель	Год исследований	Участок I				Участок III			
			вариант А		вариант В		вариант С			
			$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$	$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$	$X_{cp} \pm m$	lim
1	Высота побега, см	1989	104,5±1,94	41–143	19	80,1±1,74	47–113	22	60,0±1,70	29–98
		1992	86,4±2,16	26–122	25	74,5±1,71	44–123	23	71,3±1,80	39–106
2	Количество узлов на удлиненной части побега, шт.	1989	5,5±0,07	3–7	12	5,2±0,08	3–7	16	4,8±0,09	3–7
		1992	4,7±0,10	3–7	22	4,4±0,18	3–7	42	3,7±0,09	2–6
3	Общее количество листьев, шт.	1989	8,3±0,10	6–10	11	8,6±0,12	6–11	14	7,8±0,13	6–11
		1992	5,5±0,10	4–8	18	6,1±0,11	4–9	17	6,1±0,12	4–8
4	Количество живых листьев, шт.	1989	3,8±0,07	2–5	19	3,4±0,11	0–5	31	2,8±0,13	0–6
		1992	3,0±0,09	1–6	31	3,9±0,11	2–7	27	4,4±0,12	0–5
5	Длина флага, см	1989	14,1±0,40	0–22,4	28	11,9±0,37	0,0–23,5	31	10,5±0,29	3,3–16,6
		1992	16,3±0,38	9,0–25,0	23	10,7±0,36	6,0–22,0	33	12,4±0,48	5,0–26,0
6	Ширина флага, см	1989	0,5±0,02	0–1,0	36	0,5±0,02	0,0–0,7	30	0,5±0,01	0,1–0,8
		1992	0,5±0,02	0,2–1,3	42	0,3±0,10	0,2–0,6	327	0,4±0,17	0,1–1,2
7	Длина предфлажка, см	1989	18,6±0,50	0–29,3	27	14,7±0,11	0,0–25,2	7	13,3±0,38	0,0–21,2
		1992	19,4±0,38	13,0–27,0	20	13,9±0,40	9,0–27,0	29	16,1±0,54	7,0–26,0
8	Ширина предфлажка, см	1989	0,8±0,02	0–1,3	29	0,7±0,02	0,0–1,1	27	0,7±0,02	0,4–1,1
		1992	0,7±0,11	0,2–0,7	151	0,5±0,12	0,4–0,7	242	0,6±0,19	0,2–1,3



№ п/п	Показатель	Год исследо- ваний	Участок I				Участок III			
			вариант A		вариант B		вариант C			
			$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$	$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$	$X_{cp} \pm m$	lim
9	Длина соцветья, см	1989 1992	— —	6,9–21,0 —	20 —	12,3±0,31 —	6,9–23,7 —	25 —	12,3±0,31 —	6,7–24,3 —
10	Количество веточек в соцветии, шт.	1989	25,2±0,80	6–45	32	21,8±0,69	6–36	31	23,0±0,80	8–42
		1992	25,2±0,69	6–38	27	19,1±0,73	3–39	38	25,3±0,77	6–37
11	Количество колосков в соцветии, шт.	1989	35,4±1,43	6–67	40	28,9±1,26	6–55	44	30,9±1,63	7–75
		1992	39,4±1,74	6–84	44	24,9±1,21	3–65	49	36,8±1,91	7–99
12	Количество цветков в соцветии, шт.	1989	224,3±11,89	16–532	53	168,3±8,78	14–356	52	192,7±13,07	30–513
		1992	263,2±1,70	31–675	6	127,0±7,66	15–397	60	185,4±12,98	30–719
13	Масса побега, г	1989	1,7±0,09	0,3–4,5	52	1,2±0,06	0,3–3,0	53	1,0±0,06	0,3–2,6
		1992	1,8±0,11	0,4–4,8	61	1,0±0,06	0,3–3,3	63	1,4±0,09	0,3–4,1

Биометрические показатели вегетативных побегов *Bromopsis inermis*

№ п/п	Показатель	Год исследований	Участок I						Участок III			
			вариант A			вариант B			вариант C			
			$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$	$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$	$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$	
1	Высота побега, см	1989	57,7±1,2	32,0–88,0	21	44,9±1,06	26,0–68,0	24	28,8±0,87	15,0–51,0	30	
		1992	43,0±1,36	17,0–80,0	32	32,4±1,06	14,0–66,0	33	37,0±0,81	20,0–63,0	22	
2	Количество узлов, шт.	1989	7,9±0,17	3–11	21	7,4±0,18	3–11	24	6,5±0,17	3–11	26	
		1992	7,6±0,18	4–13	23	6,4±0,25	1–10	39	8,5±0,27	2–16	32	
3	Общее количество листьев, шт.	1989	11,1±0,16	7–14	15	10,1±0,20	5–15	20	9,0±0,19	6–13	21	
		1992	9,0±0,19	5–14	21	8,14±0,26	2–13	32	9,9±0,29	4–17	29	
4	Количество живых листьев, шт.	1989	7,3±0,15	3–10	20	6,2±0,18	2–9	29	5,2±0,20	1–10	38	
		1992	6,9±0,16	3–11	24	7,0±0,22	2–11	32	7,3±0,24	2–12	33	
5	Длина флага, см	1989	0,81±0,05	0,21–2,19	59	0,69±0,04	0,19–1,93	54	0,39±0,03	0,04–1,26	64	
		1992	0,57±0,05	0,08–2,68	84	0,46±0,04	0,04–2,19	91	0,59±0,01	0,11–1,85	61	

Всхожесть и энергия прорастания семян *Bromopsis inermis*

Вид	Год	Участок	Дата		Энергия прорастания, %						Всхожесть, %					
			посев	контроль		повторности						повторности				
				энергии прорастания	всхожести	1	2	3	4	$X_{cp}$	1	2	3	4	$X_{cp}$	
<i>Bromopsis inermis</i>	1990	I	29.04.90	03.05.90	09.05.90	82	79	74	73	77	89	85	78	80	83	
	1994		14.04.94	18.04.94	24.04.94	29	35	56	63	46	72	75	80	77	76	
	1990	III	29.04.90	03.05.90	09.05.90	69	69	73	71	70,5	72	74	76	76	74,5	
	1994		14.04.94	18.04.94	24.04.94	61	37	59	72	57	77	62	72	85	74	

Краткая геоботаническая характеристика выделенных вариантов для *Onobrychis arenaria* и *Medicago media*

Участок	Вариант	Культура	Культура-предшественник	Преобладающие виды (обилие по шкале Друде)	Обилие культурного вида по шкале Друде	ОПП варианта, %	Количество видов
I	D	<i>Onobrychis arenaria</i>	<i>Bromopsis inermis</i>	<i>Achillea millefolium</i> (cop <sub>1</sub> ), <i>Bromopsis inermis</i> (sp), <i>Melilotus albus</i> (sp), <i>Linaria vulgaris</i> (sp), <i>Festuca pratensis</i> (sp), <i>Taraxacum officinale</i> (sp), <i>Artemisia vulgaris</i> (sp)	cop <sub>1</sub>	95	18
				<i>Calamagrostis epigeios</i> (sp), <i>Artemisia absinthium</i> (sp), <i>Achillea nobilis</i> (sp), <i>Linaria vulgaris</i> (sp), <i>Bromopsis inermis</i> (sol gr), <i>Polygonum aviculare</i> (sol gr), <i>Dianthus acicularis</i> (sol gr), <i>Pimpinella saxifrage</i> (sol gr), <i>Tanacetum vulgare</i> L. (sol gr), <i>Stellaria graminea</i> (sol gr)	sp gr	70	16
III	F	<i>Onobrychis arenaria</i>	<i>Bromopsis inermis</i>	<i>Dianthus acicularis</i> (sp gr), <i>Rumex acetosella</i> (sol gr–sp), <i>Achillea nobilis</i> (sol gr–sp)	sol gr	45	17
				<i>Agrostis gigantea</i> (sp), <i>Achillea nobilis</i> (sp), <i>Dactylis glomerata</i> (sol gr), <i>Achillea millefolium</i> (sol gr)	sp gr	80	19
I	G	<i>Medicago media</i>	<i>Medicago media</i>	<i>Calamagrostis epigeios</i> (sp), <i>Elytrigia repens</i> (sp), <i>Achillea millefolium</i> (sol gr–sp), <i>Amoria repens</i> (sol gr), <i>Astragalus sulcatus</i> (sol gr), <i>Achillea nobilis</i> (sol gr), <i>Cirsium setosum</i> (sol gr)	sp gr	85	26
III	K	<i>Medicago media</i>	<i>Medicago media</i>	<i>Artemisia absinthium</i> (sp), <i>Carduus crispus</i> (sp), <i>Berteroa incana</i> (sol gr), <i>Silene cucubalus</i> (sol gr), <i>Calamagrostis epigeios</i> (sol), <i>Agropyron cristatum</i> (sol)	cop <sub>1</sub>	100	16

Проведенные исследования показали, что пространственная структура ЦП *Onobrychis arenaria* и *Medicago media*, произрастающего в условиях Коркинского угольного карьера, характеризуется вертикальной и горизонтальной неоднородностью, что проявляется в дифференциации ценобионтов по высоте и равномерном или неравномерном размещении особей в пределах КФ. Пространственная структура представляет один из способов достижения оптимальной плотности ЦП в условиях ценогической конкуренции [59, с. 75].

Плотность ценобионтов *Onobrychis arenaria* составила: на участке I – 64 особи (659 побегов) на 8 м<sup>2</sup>, на участке III – 62 особи (1523 побега) на 8 м<sup>2</sup> (табл. 33).

О пространственном расположении *Onobrychis* на выделенных вариантах можно судить по его ППК (в %) на раункиеровских площадках и по результатам картирования. В варианте D *Onobrychis* встречается на 27 площадках из 32 (КП – 9). На одной четверти из них ППК от 50 до 90 %, на 7 площадках ППК колеблется от 20 до 50 %. Можно сказать, что вид в варианте расположен равномерно и формирует сомкнутый 1-й ярус. Для варианта характерно преобладание взрослых особей (78,1 %). Плотность ЦП – 64 особи (659 побегов) на 8 м<sup>2</sup>.

Т а б л и ц а 33

**Плотность ценобионтов *Onobrychis arenaria* в ЦП  
в пересчете на 1 м<sup>2</sup>**

Опытный участок	Число особей, шт/м <sup>2</sup>		Число побегов, шт/м <sup>2</sup>	
	<i>v</i>	<i>g</i>	<i>v</i>	<i>g</i>
I	1,75	6,25	11,25	71,13
III	4,92	2,83	11,96	51,50

В варианте E *Onobrychis* встречается на 26 из 32 площадок (КП – 9), но ППК на разных площадках сильно различается: 46,9 % площадок (15 из 32) имеют малое ППК (до 5 %) и всего 21,9 % – ППК от 30 до 90 %. Это можно объяснить уменьшением числа растений данного вида в варианте и преобладанием молодых особей (59,9 %), т. е. растений небольшого габитуса. Плотность в варианте – 45 особей (364 побега) на 8 м<sup>2</sup>.

В варианте F *Onobrychis arenaria* встречается на 23 из 32 площадок (КП – 8), на 4 из них его ППК составляет 65–80 %, на 14 – от 5 до 40 %, на остальных 5 площадках – менее 5 %, что говорит о крайне неравномерном распределении культурного вида. 61,5 % составляют молодые особи и только 38,5 % – генеративные (рис. 5). В данном варианте отмечено самое большое среди всех вариантов число особей *Onobrychis*. Плотность ЦП составила 83 особи (772 побега) на 8 м<sup>2</sup>.

В варианте H данный вид имеет также КП 8, причем ППК ни на одной из площадок не превышает 45 %, а в 12 – не превышает и 5 %. В целом в данном вариан-

те плотность ЦП *Onobrychis* составляет 58 особей (387 побегов) на 8 м<sup>2</sup>. Преобладают здесь также молодые особи – 65,5 %, генеративные особи составляют 34,5 %.

Исследования показали, что ЦП *Onobrychis* в варианте *D* характеризуется двувёршинным спектром, содержащим две модальные группы, одна из них относится к молодой, другая – к старой части ЦП (см. рис. 5). Такие соотношения возрастных групп весьма характерны для длительно живущих стержнекорневых многолетников с регулярным возобновлением [64, с. 71].

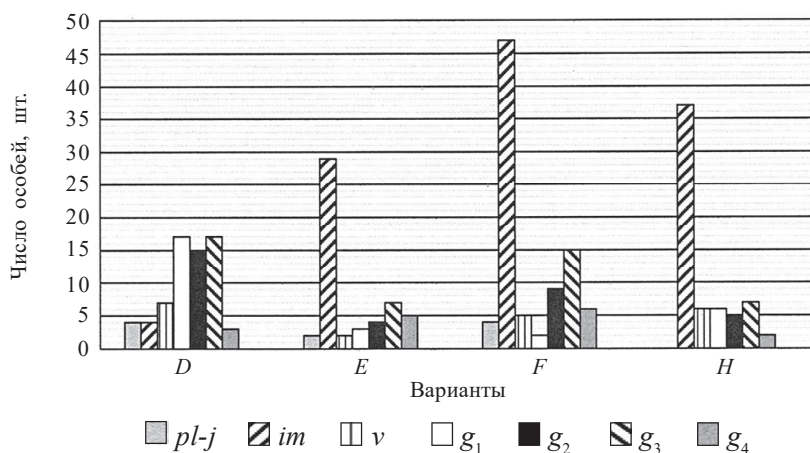


Рис. 5. Возрастные спектры ЦП *Onobrychis arenaria* по вариантам

Основная масса растений – 78,1 % находится в генеративном состоянии, в вегетативном же – всего 21,9 %. Отклонение распределения по возрастному спектру в сторону увеличения числа генеративных особей, возможно, объясняется ежегодным скашиванием, что мешает естественному процессу семенного возобновления. Для вариантов *E*, *F* и *H* характерны левосторонние спектры, абсолютный максимум в них приходится на прегенеративные возрастные состояния (см. рис. 5). Так, в ЦП молодые особи в целом составляют: 59,9 % – вариант *E*, 61,5 % – вариант *F* и 65,5 % – вариант *H*, а генеративные – 40,1; 38,5; 34,5 % соответственно. Итак, во всех трех вариантах участка III преобладают прегенеративные возрастные состояния, при достаточно высоком проценте генеративных особей, что позволяет охарактеризовать ЦП как ложноинвазионные [65], т. е. возобновление ЦП происходит за счет активации банка семян, что подтверждается результатами анализа посевных качеств семян (табл. 34). На участке III пополнение банка семян происходит постоянно и не нарушается скашиванием, как на участке I.

Возрастные спектры исследуемых ЦП показали, что *Onobrychis arenaria* в условиях разреза проходит весь жизненный цикл развития.

Согласно Е. Я. Ильиной [66], онтогенез растения-поликарпика в морфологическом отношении являет собой систему последовательно сменяющихся моно-

Всхожесть и энергия прорастания семян *Onobrychis arenaria*

Вид	Год	Участок	Дата		Энергия прорастания, %						Всхожесть, %						
			посев	контроль		повторности						повторности					
				энергии прорастания	всхожести	1	2	3	4	$X_{cp}$	1	2	3	4	$X_{cp}$		
<i>Onobrychis arenaria</i>	1990	I	29.04.90	02.05.90	06.05.90	72	71	–	–	71,5	85	85	–	–	85,0		
	1994		14.04.94	17.04.94	21.04.94	23	17	4	15	14,7	77	85	67	80	77,2		
	1990	III	29.04.90	02.05.90	06.05.90	74	73	76	75	74,5	91	90	96	96	93,3		
	1994		15.04.94	18.04.94	22.04.94	13	6	8	6	8,2	33	34	32	47	36,5		



карпических побегов, побег является основной морфологической структурной единицей растения. Поэтому при проведении морфологического анализа *Onobrychis arenaria* побег (ценобионт) рассматривался как отдельная фитоценотическая счетная единица. Ценобионты для морфологического анализа брались по таблице случайных чисел, по 50 шт. для каждого варианта. Анализ вегетативных ценобионтов *Onobrychis* проводили по 5 признакам (табл. 35), генеративных – по 11 признакам (табл. 36).

Варианты незначительно отличаются друг от друга по морфологическим показателям генеративных ценобионтов, поэтому анализ их статистической характеристики дается в целом по вариантам (табл. 36).

Более четко различия между вариантами прослеживаются в морфологии вегетативных ценобионтов (см. табл. 35). ЦП *Onobrychis arenaria* в варианте *D* и *H* представлены более мощными ценобионтами: средняя высота побегов в вариантах *D* и *H* составила 32 см и 30 см, вес побега в среднем – 0,45 г и 0,52 г соответственно. В вариантах же *E* и *F* средняя высота побега – 24 см и 22 см соответственно. Вес побега в среднем в варианте *E* составляет 0,38 г, в *F* – 0,39 г.  $C_v$  признаков, характеризующих вегетативные ценобионты *Onobrychis* в целом по вариантам, отличаются средними значениями (20–30). Исключением является вес побега, его  $C_v$  – 63 %. Наименее вариабельна длина самого большого листа на побеге I порядка (21 %).

Таким образом, полученные данные позволяют судить об *Onobrychis* как о мощном растении 1-го яруса, с хорошо развитой надземной частью и ассимиляционным аппаратом. Изменчивость признаков у вегетативных ценобионтов и  $C_v$  ниже, чем у генеративных.

У *Medicago media* в первые 7–10 лет семенного возобновления не наблюдалось. По исследованиям Е. Я. Ильиной [66], *Medicago* характеризуется низкими и неустойчивыми урожаями семян. В большинстве случаев снижение семенной продуктивности *Medicago* происходит вследствие опадения бутонов, цветков, осыпания бобов и образования в них шуплых семян. Кроме того, данный вид является ратением длинного дня, требует интенсивной инсоляции, богатой коротковолновой радиацией. Поэтому в годы с пасмурной погодой даже при наличии других благоприятных условий *Medicago* обильно осыпает бутоны и цветки. Свежеубранные семена данного вида содержат большой процент твердокамennых семян. После хранения всхожесть их повышается, так как со временем нарушается герметичность оболочки семян. Всхожесть семян сохраняется до 10–12 лет [67, с. 72]. Все перечисленные особенности *Medicago*, вероятно, и стали причиной задержки семенного возобновления в условиях карьера.

В ЦП *Medicago media* 15-летнего возраста наблюдается семенное возобновление, о чем свидетельствует левосторонний возрастной спектр (рис. 6). 84 % составляют особи, находящиеся в прегенеративном возрастном состоянии.

Биометрические показатели вегетативных ценобионтов *Onobrychis arenaria*

№ п/п	Показатель	Участок I						Участок III					
		вариант D			вариант E			вариант F			вариант H		
		$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$	$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$	$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$	$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$
1	Высота побега, см	32±1,49	16–61	33	24±0,78	15–36	23	22±0,78	13–34	25	30±1,40	16–59	33
2	Количество узлов на побеге I порядка, шт.	3±0,12	1–5	28	5±0,22	2–8	31	4±0,24	1–9	42	4±0,18	1–7	32
3	Количество зеленых листьев на побеге I порядка, шт.	5±0,23	2–10	33	5±0,19	2–8	27	5±0,28	2–11	40	5±0,26	2–10	37
4	Длина самого большого листа, см	18±0,46	7–25	18	16±0,38	11–24	17	16±0,43	10–22	19	18±0,41	13–26	16
5	Масса побега, г	0,45±0,04	0,06–1,35	60	38±2,15	0,13–0,89	40	39±3,36	0,09–1,11	61	0,52±0,05	0,07–1,41	69

**Биометрические показатели генеративных ценобионтов *Onobrychis arenaria*  
(в целом по вариантам)**

№ п/п	Показатель	$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$
1	Высота побега, см	71,8±2,74	27–113	27
2	Количество узлов на побеге I порядка, шт.	6,6±0,21	3–10	22
3	Количество зеленых листьев на побеге I порядка, шт.	8,5±0,35	4–15	29
4	Длина самого большого листа, см	17,7±0,60	7–37	24
5	Количество предфлажй, шт.	1,3±0,11	1–5	58
6	Длина предфлажй, см	7,0±0,87	1–11	88
7	Количество побегов II порядка, шт.	0,6±0,14	0–5	164
8	Длина побегов II порядка, см	20,4±5,80	0–84	201
9	Количество соцветий, шт.	3,4±0,31	1–21	64
10	Количество цветков на одном ценобионте, шт.	108,5±16,42	4–182	107
11	Масса побега, г	2,07±0,22	0,33–11,44	74

*Medicago media* имеет сложную морфологическую структуру. У растений первого года жизни осевой побег, т. е. побег I порядка, развивается из зародышевой почки семени. В последующем у многолетних особей *Medicago* мы условно принимали за побег I порядка ось побега кущения. По данным Е. Я. Ильиной [66], монокарпические побеги *Medicago* разных лет жизни являются побегами разных порядков, но при этом имеют общие черты морфологической структуры. Такие побеги развиваются из почек возобновления, которые в процессе заложения и формирования претерпевают омоложение. Они качественно отличаются от обычных боковых почек, из которых развиваются побеги ветвления.

Ценобионты для морфологического анализа брались по таблице случайных чисел, по 50 шт. для каждого варианта. Анализ вегетативных ценобионтов *Medicago media* проводили по 7 признакам (табл. 37), генеративных – по 13 признакам (табл. 38).

Различия между вариантами проследживаются как у вегетативных, так и у генеративных ценобионтов *Medicago*. По всем морфологическим признакам, за исключением количества зеленых листьев на побеге I порядка и длины самого большого листа, ценобионты с участка I превосходят ценобионтов с участка III. Количество соцветий и цветков в соцветиях *Medicago media* в ЦП варианта G в 1,7 раза больше, чем в варианте K.

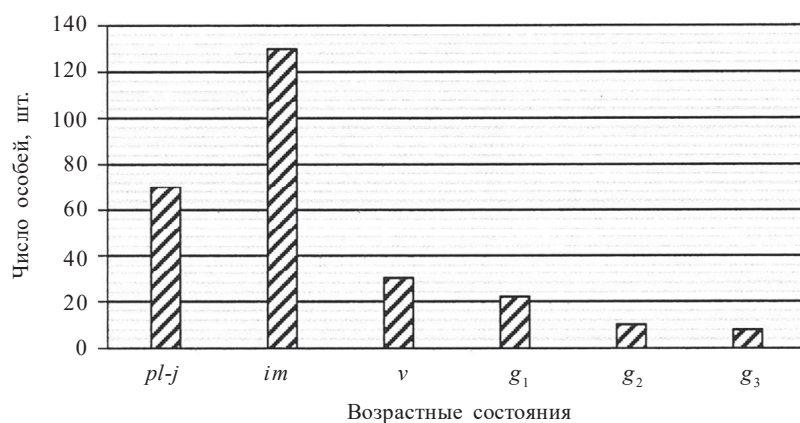


Рис. 6. Возрастной спектр ЦП *Medicago media* (вариант G)

Т а б л и ц а 37

**Биометрические показатели  
вегетативных ценобионтов *Medicago media***

№ п/п	Показатель	Участок I			Участок III		
		вариант G			вариант K		
		$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$	$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$
1	Высота ценобионта, см	31±1,14	14–54	26	30±0,81	16–43	19
2	Количество узлов на побеге I порядка, шт.	8±0,28	4–13	25	10±0,30	5–14	21
3	Количество зеленых листьев на побеге I порядка, шт.	6±0,28	0–10	33	7±0,34	1–10	34
4	Длина самого большого листа, см	4±0,12	0–5	22	3±0,13	2–6	30
5	Количество побегов II порядка, шт.	2±0,31	0–7	108	3±0,39	0–10	93
6	Длина побегов II порядка, см	5±1,06	0–36	150	9±1,76	0–48	138
7	Масса ценобионта, г	0,27±0,15	0,01–7,76	396	0,15±0,01	0,02–0,43	53

**Биометрические показатели  
генеративных ценобионтов *Medicago media***

№ п/п	Показатель	Участок I			Участок III		
		вариант G			вариант K		
		$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$	$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$
1	Высота ценобионта, см	71±1,91	38–106	19	53±2,55	30–95	34
2	Количество узлов на побеге I порядка, шт.	16±0,54	6–25	24	15±0,49	8–22	23
3	Количество зеленых листьев на побеге I порядка, шт.	8±0,34	0–12	30	9±0,36	0–14	28
4	Длина самого большого листа, см	4±0,13	0–6	23	4±0,12	3–6	22
5	Количество предфлажй, шт.	15±1,91	1–67	90	11±1,54	0–50	99
6	Длина предфлажй, см	20±2,46	1–81	87	18±2,95	0–87	116
7	Количество побегов II порядка, шт.	14±0,75	2–25	38	13±1,78	0–27	97
8	Длина побегов II порядка, см	115±10,41	1–289	64	58±9,27	0–291	113
9	Количество побегов III и высшего порядков, шт.	29±3,77	0–112	92	9±2,69	0–74	211
10	Длина побегов III и высшего порядков, см	59±10,10	0–254	121	15±4,52	0–168	213
11	Количество соцветий, шт.	25±2,86	1–85	81	14±1,86	1–61	94
12	Количество цветков в соцветиях, шт.	90±10,18	1–327	80	58±9,68	0–285	118
13	Масса ценобионта, г	1,82±0,16	0,11–5,16	64	1,02±0,15	0,14±4,13	104

Полученные данные позволяют охарактеризовать *Medicago media* как мощное растение 2-го яруса, с хорошо развитой надземной частью и ассимиляционным аппаратом.

Таким образом, *Bromopsis inermis*, *Onobrychis arenaria* и *Medicago media* являются перспективными видами для биологической рекультивации Коркинского угольного карьера. Возрастная и морфологическая структура ЦП исследуемых видов в целом отражает удовлетворительную жизненность. Данные виды на малопригодных породах карьера образуют долголетние КФ, сохраняющиеся в удовлетворительном состоянии около 20 лет, проходят весь жизненный цикл развития. Признаки деградации КФ начинают проявляться не ранее 10-летнего возраста.

**Испытанный ассортимент деревьев и кустарников.** В условиях Коркинского буроугольного карьера был испытан ассортимент деревьев: *Populus balsamifera*, *Malus baccata*, *Acer negundo* L.; и кустарников: *Caragana arborescens*, *Elaeagnus angustifolia*, *Hippophaë rhamnoides*, *Lonicera tatarica* L., *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt, *Rosa rugosa* Thunb., *Simphoricarpus albus* (L.) Blake, *Tamarix ramosissima* Ledeb., *Grossularia reclinata* (L.) Mill., *Ribes nigrum* L.

В результате проведенной инвентаризации через 20 лет после посадки установлена сохранность 13 видов (табл. 39) [35, с. 163].

Из испытанных видов деревьев и кустарников для биологической рекультивации в лесостепной зоне рекомендуются *Malus baccata*, *Elaeagnus angustifolia*, *Hippophaë rhamnoides*, *Caragana arborescens*, которые за 20–25 лет показали хорошую сохранность и рост, перешли к интенсивному вегетативному (*Hippophaë rhamnoides*) и семенному (другие виды) возобновлению. Удовлетворительное состояние при наличии семенного возобновления показали *Lonicera tatarica*, *Cotoneaster melanocarpus*, *Simphoricarpus albus* [68, с. 99].

**Испытанный ассортимент эндемичных, редких и исчезающих растений Урала.** Для изучения вопроса использования на нарушенных территориях, в частности, при биологической рекультивации Коркинского угольного карьера, эндемичных, редких и исчезающим растений Урала в 1980 г. были высеяны семь видов (*Dianthus uralensis* Korsh., *Dianthus acicularis*, *Cerastium igoschinae* Pobed., *Cerastium krylovii* Schischk. et Gorczak., *Minuartia helmii* (Fisch) Schischk., *Minuartia krascheninnikovii* Schischk., *Gypsophila uralensis* Less.), рядками, длиной по 1 м, на уступе южного борта, на глубине 64 м от дневной поверхности. Семена для посева были взяты в Ботаническом саду УрФУ. В ходе полевых обследований территории карьера через 18 лет были обнаружены четыре вида: *Dianthus acicularis*, *Dianthus uralensis*, *Minuartia helmii* и *Minuartia krascheninnikovii*. Наибольшее распространение в условиях карьера получила *Dianthus acicularis*. Произошло интенсивное расселение этого вида на площади свыше 1 га [35, с. 144; 69, с. 190]. В течение двух лет наблюдений (1998 и 2000 гг.) зафиксировано значительное увеличение общего числа особей *Dianthus acicularis* на трансектах (в 1,5–4,5 раза), соответственно возросла плотность особей, которая в среднем для ЦП изменилась с 34,4 до 118,5 шт/м<sup>2</sup> (табл. 40). Освоение территории карьера данным видом происходит за счет семенного

## Результат инвентаризации посадок

Вид	Число высаженных особей в 1979–1983 гг., шт.	Число сохранив- шихся особей на 1999 г., шт.	Высота особей, м		Оценка состояния*
<i>Caragana arborescens</i> Lam.	54	53	0,46	4,80	I
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	99	72	1,45	5,00	I
<i>Hippophaë rhamnoides</i> L.	Нет данных	213	0,32	3,30	I
<i>Malus sylvestris</i> Mill.	60	146	0,17	4,00	I
<i>Lonicera tatarica</i> L.	36	29	0,98	2,26	II
<i>Cotoneaster melanocarpus</i> Fisch. ex Blytt	33	16	0,69	2,40	II
<i>Rosa rugosa</i> Thunb.	38	5	0,27	0,80	II
<i>Symphoricarpus albus</i> (L.) Blake	19	21	0,34	1,20	II
<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.	336	46	1,23	3,00	II
<i>Acer negundo</i> L.	19	8	0,74	2,74	III
<i>Grossularia reclinata</i> (L.) Mill.	Нет данных	25	0,04	0,53	III
<i>Ribes nigrum</i> L.	Нет данных	33	0,40	0,70	III
<i>Populus balsamifera</i> L.	19	11	1,30	6,60	III

\* I – хорошее, II – удовлетворительное, III – угнетенное.

размножения. Молодые растения *Dianthus acicularis* были найдены в большом количестве не только на горизонтальной поверхности уступов, но и на склоновых поверхностях берм. Анализ качества семян данного вида показал их доброкачественность и хорошую жизненность (энергия прорастания составила 63 %, всхожесть – 87 %).

ЦП *Dianthus acicularis* 18-летнего возраста является нормальной полноценной. Возрастной спектр двувершинный, с пиками в группах иматурных и квазигенеративных возрастных состояний. Доли особей в прегенеративных и генеративных состояниях примерно равны (соответственно 47 % и 53 %). Генеративные растения *Dianthus acicularis* представлены разнокачественными особями (от молодых до зрелых возрастных состояний), при этом количество генеративных побегов на одну особь колеблется от 1 до 120 шт. (табл. 41).



Т а б л и ц а 40

Динамика горизонтальной структуры ЦП *Dianthus acicularis*

№ тран- секты	Площадки с <i>Dianthus</i> на трансекте, %		Общее число особей <i>Dianthus</i> на трансекте, шт.		Число генеративных особей на трансекте, шт.		Плотность <i>Dianthus</i> на трансекте, шт/м <sup>2</sup>		Плотность всей ЦП, шт/м <sup>2</sup>	
	1998	2000	1998	2000	1998	2000	1998	2000	1998	2000
Берма*									34,4	118,5
1	70,0	83,3	384	1716	30	83	51,1	228,8		
2	80,0	76,7	305	1004	26	27	40,7	133,9		
3	60,0	70,0	284	851	8	11	38,0	113,5		
4	63,3	80,0	221	523	46	106	29,5	69,7		
5	50,0	50,0	187	270	43	40	24,8	36,0		
6	76,7	83,3	245	1020	55	76	32,4	136,0		
Склон**									34,4	118,5
7	64,7	100,0	70	453	10	28	16,5	106,6		

\* Горизонтальная поверхность на глубине 64 м.

\*\* Склоновая поверхность выше и ниже данного уступа.

Т а б л и ц а 41

Некоторые биометрические показатели  
генеративных особей популяции *Dianthus acicularis*

№ п/п	Показатель	$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$
1	Длина подушки, см	8,57±0,58	2,0–27,0	68
2	Ширина подушки, см	5,68±0,45	1,0–19,0	79
3	Число ветвлений, шт.	42,18±4,56	3,0–200,0	108
4	Число генеративных побегов, шт.	22,14±2,85	1,0–120,0	129
5	Высота без генеративных побегов, см	5,87±0,21	1,0–11,4	36
6	Высота с генеративными побегами, см	20,55±0,41	13,0–32,0	20

Результаты исследований показали высокую устойчивость ЦП *Dianthus acicularis*. Данный вид проходит весь жизненный цикл [69, с. 196].

Таким образом, проведенные эксперименты позволили создать КФ в угольном карьере при минимальных затратах на улучшение свойств субстрата и подобрать ассортимент многолетних трав, деревьев и кустарников для этих целей. Умелое моделирование экотопов в карьере, посев многолетних травянистых растений, в том числе редких и исчезающих видов, посадка деревьев и кустарников подходящего (испытанного) ассортимента способствовали увеличению видового и фитоценотического разнообразия растительного покрова карьера и ускорили формирование растительных сообществ.

### **Экспериментальные посевы для апробации метода ускоренной рекультивации малопригодных субстратов с применением микробиологических препаратов**

Одним из способов улучшения свойств техногенных субстратов является внесение микробиологических препаратов. Комплекс активных штаммов почвенных микроорганизмов мобилизует потенциальное плодородие (на глубину корнеобитаемого горизонта) техногенного субстрата и способствует накоплению в нем органического вещества, элементов питания в доступной форме для высших растений. Метод ускоренной рекультивации малопригодных субстратов с использованием микробиологических препаратов был разработан в институте ВНИИОСуголь (г. Пермь) и ранее применялся при рекультивации отвалов угольных месторождений [70].

Данный метод нами был опробован на вскрышных глинистых породах дамбы гидроотвала Шуралино-Ягодного месторождения россыпного золота.

Шуралино-Ягодное месторождение входит в группу Невьянских россыпей, расположенных в бассейне верхнего течения р. Нейвы на восточном склоне Уральских гор. Гидроотвал расположен в районе Невьянско-Кировградского промузла (Средний Урал, подзона южной тайги), в пределах буферной зоны Кировградского медеплавильного комбината (5 км) и Невьянского цементного завода (10 км).

Основной формой рельефа гидравлических полигонов являются западинообразные днища (70 % общей территории). Подпорные дамбы составляют до 20 % нарушенной территории. Они образованы рыхлыми отложениями россыпей, представленными смесью различных пестроцветных глин и суглинков желтого, красного, бурого цветов с примесью тальк-карбонатных пород и сланцев разного состава, а также песка, гальки. Процентное соотношение фракций различной крупности колеблется: наличие глин – в пределах 50 % и более, наличие валунов – от долей процента до нескольких процентов.

Агрохимический анализ грунтосмеси участка экспериментальных посевов приведен ранее [71]. По пригодности для биологической рекультивации [52] глинистые породы характеризовались как нетоксичные, по механическому составу – как среднетяжелые, слабокаменистые, слабокислые, малопригодные из-за крайне низкого содержания основных элементов питания и неблагоприятных физических свойств (набухаемость, пучинистость, слабая водостойкость).

Для анализа был использован микробиологический препарат «БИОР-АВ» (МБП), разработанный в институте ВНИИОСуголь (г. Пермь).

Экспериментальные посевы были созданы в августе 1993 г. в двух вариантах: опыт (вскрышные глинистые породы + МБП), контроль (вскрышные глинистые породы). Каждый вариант закладывался в 3-кратной повторности (делянки площадью  $25 \text{ м}^2 [5 \times 5]$ ). Предпосевной обработки грунта не проводилось. МБП смешивался с семенами, далее смесь разбрасывалась вручную, с последующей заделкой граблями.

Для изучения трансформации экспериментальных посевов на каждом варианте были заложены постоянные учетные площадки площадью ( $S$ )  $0,25 \text{ м}^2$  в количестве 15 шт.

Было испытано четыре вида многолетних трав в одновидовых посевах (*Festuca pratensis* и *F. arundinacea*, *Dactylis glomerata*, *Amoria repens*) и четыре вида в травосмесях: а) злаковая (*Bromopsis inermis* и *Elymus fibrosus*); б) злаково-бобовая (*Phleum pratense* и *Amoria hybrida*).

Для оценки метода проводился комплексный мониторинг формирования КФ. Каждый вариант экспериментального посева рассматривался нами как КФ, в пределах которого вся совокупность особей культурного вида считалась ЦП. Растительность на вариантах оценивалась по следующим показателям: ОПП, ППК, плотность ЦП, продуктивность, число видов-«внедренцев» и их встречаемость; сходство видового состава вариантов КФ определялось по коэффициенту Жаккара ( $K_j$ ).

Морфометрический анализ включал определение таких показателей, как высота растения (см), число побегов в зоне кущения (шт.), число листьев (шт.), длина соцветия (см), количество веточек в соцветии (шт.), количество цветков (шт.), количество плодов (шт.), вес соцветия (г) и др. Для определения биомассы брались пробы с площади  $0,01 \text{ м}^2$ .

**Трансформация экспериментальных посевов *Festuca pratensis*.** *Festuca pratensis* – вид, районированный для Уральского региона. Данный вид рекомендуется к применению в посевах в качестве мелиорирующей культуры при биологической рекультивации нарушенных промышленностью земель [36, с. 23].

На опытных посевах *Festuca pratensis* уже на 2-й год жизни сформировался КФ с довольно высоким ОПП (40–60 %, ППК – 30 %). В контрольных делянках эти показатели были несколько ниже (ОПП – 20–50 %, ППК – 20 %), встречались проплешины. В среднем количество внедрившихся видов в опыте соста-

вило 26 шт. на 25 м<sup>2</sup> (14–19 видов), в контроле – 27 видов растений (18–22). Коэффициент Жаккара ( $K_j$ ) составлял 56 %. Преобладающими видами в опытных посевах являлись: *Festuca pratensis* (cop<sub>2</sub>), *Polygonum aviculare* (sp gr), *Poa palustris* L., *Elytrigia repens*, *Tussilago farfara* L., *Cirsium setosum* (sp); в контрольных: *Festuca pratensis* (cop<sub>2</sub>), *Tussilago farfara* (sp gr), *Polygonum aviculare*, *Cirsium setosum* (sp).

Анализ пространственной структуры посевов проводился по данным с учетных (постоянных) площадок (0,25 м<sup>2</sup>). С первого года жизни высеянные виды характеризовались крайне неравномерным размещением особей в пределах делянок. КФ опытного варианта *Festuca pratensis* уже на 2–3-й год жизни характеризовались достоверно ( $p < 0,05$ ) более высокими показателями среднего проективного покрытия и при этом значительной долей ППК культивируемого вида (табл. 42).

Известно, что в первый год развития особи *Festuca pratensis* формируют куст и, как правило, не плодоносят. В естественных условиях для видов рода *Festuca* характерно интенсивное кушение в начале жизненного цикла и быстрое (в течение одного-двух вегетационных периодов) достижение генеративного состояния [72].

Т а б л и ц а 42

**Динамика пространственной структуры посевов *Festuca pratensis*  
(на 0,25 м<sup>2</sup>)**

Год жизни	Вариант	ОПП, %		ППК, %		Плотность побегов	Доля генеративных побегов, %
		$X_{cp}$	lim	$X_{cp}$	lim		
2-й	Опыт	29	5–70	26	5–70	602±101	4,6
	Контроль	14	5–30	12	5–30	415±98	0,6
3-й	Опыт	43	18–85	40	15–85	562±88	15,5
	Контроль	28	7–70	23	7–45	560±122	16,5
4-й	Опыт	35	10–90	20	5–85	260±47	4,8
	Контроль	37	5–90	22	5–50	297±85	30,0
5-й	Опыт	18	4–40	9	2–25	106±16	9,2
	Контроль	23	4–50	8	3–25	88±15	12,7
7-й	Опыт	56	20–80	10	1–55	56±7	4,4
	Контроль	44	25–80	8	4–25	52±9	3,3
10-й	Опыт	52	20–98	23	15–40	46±4	13,4
	Контроль	39	20–75	13	5–25	58±6	9,4

В опытном варианте плотность побегов *Festuca pratensis* превышала в 1,5 раза контроль.

Особи *Festuca pratensis* в опытных посевах с МБП характеризовались более ранним переходом к плодоношению. В первые три года сформировалась нормальная ЦП, неполноценная (отсутствовали особи постгенеративных возрастных состояний). С 3-го года отмечены все прегенеративные возрастные группы, включая всходы семян (рис. 7).

На 2–3-й год в контрольных вариантах, возможно вследствие физико-механических свойств субстрата и густоты посевов, отмечалась задержка развития ювенильных особей и слабое побегообразование у имматурных и виргинильных особей. К 3-му году в ЦП наблюдалась резкая дифференциация генеративных особей по числу побегов в зоне кущения: *Festuca pratensis* – в опыте от 4 до 35 побегов, в контроле – от 2 до 11.

С 3-го года жизни посевов наряду с сорно-рудеральными видами (*Chenopodium album* L., *Artemisia absinthium*) отмечалось вселение луговых и лугово-сорных видов (*Amoria repens*, *Vicia cracca*, *Lathyrus pratensis* L., *Trifolium pratense*, *Poa trivialis* L., *Glechoma hederaceae* L. и др.). Снижение плотности побегов *Festuca pratensis* в опытном варианте на 3-й год жизни связано с внедрением и угнетающим действием *Cirsium setosum* на одной из делянок.

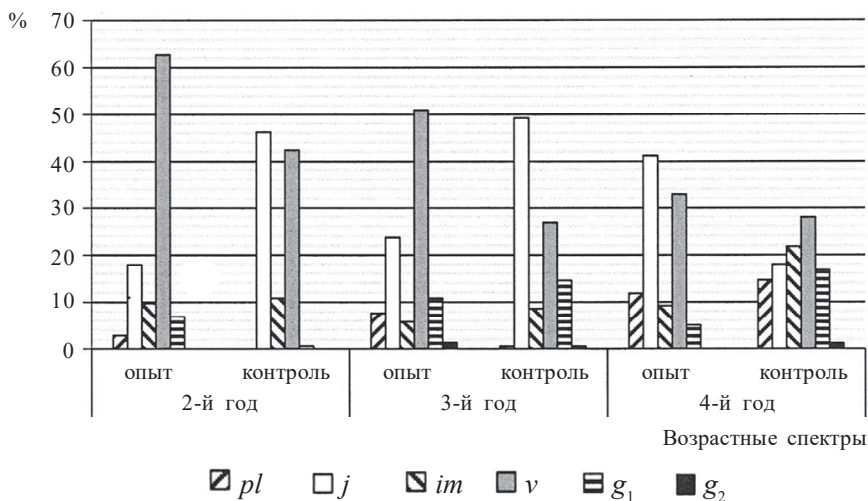


Рис. 7. Динамика возрастных спектров ЦП *Festuca pratensis*

Начиная с 5-го года отмечалось снижение обилия культурного вида и уменьшение плотности. Это связано с разрастанием особей виргинильных и генеративных возрастных групп, а также гибелью особей ювенильных и имматурных возрастных состояний.

На 10-й год экспериментальные посевы *Festuca pratensis* трансформировались в полидоминантный разнотравно-бобово-злаковый фитоценоз (ОПП – 90 %,

ППК – 20 %). *Festuca pratensis* имела такое же ПП, как *Tussilago farfara*, *Calamagrostis epigeios*, *Poa palustris*, *Lathyrus pratensis*, *Elytrigia repens* и др. Видовое разнообразие *Festuca pratensis* в 10-летних КФ в опыте составляло 33 вида, в контроле – 30 видов.

ЦП *Festuca pratensis* характеризовались сложной морфологической структурой. Сравнение биометрических показателей вегетативных побегов особей *Festuca pratensis* достоверных различий не выявило, по ряду признаков ценобионты контрольных делянок имели больший  $C_v$ , чем ценобионты опытных. Выявлены достоверные различия по ряду показателей генеративных побегов *Festuca pratensis* в период 2-го и 3-го года развития (табл. 43). Ценобионты ЦП опытных делянок достоверно ( $p < 0,001$ ) отличались более высокими средними значениями таких показателей генеративной сферы, как длина соцветия, количество колосков в соцветии, количество цветков, вес соцветия.

Анализ продуктивности (урожайности) 8-летних КФ показал, что по сравнению с другими культурами делянки *Festuca pratensis* характеризовались невысокими показателями биологической продуктивности: общая надземная масса не превышала 203,5 г/м<sup>2</sup> (опыт) и 196,4 г/м<sup>2</sup> (контроль) (табл. 44). Надземная масса и весовое обилие *Festuca pratensis* в обоих вариантах КФ имели близкие значения (49,7 г/м<sup>2</sup>, 53,8 г/м<sup>2</sup> и 24,4 %, 27,4 % соответственно). Злаки, включая культурный вид, составляли 51,8 % (опыт) и 43 % (контроль). Бобовые в опытном варианте составляли 27,0 % общей массы, при этом большая часть приходилась на *Trifolium pratense* и *Lathyrus pratensis*. В контрольном варианте доля бобовых была выше (41,0 %), преобладали *Trifolium pratense*, *Lathyrus pratensis* и *Amoria repens*.

Т а б л и ц а 43

**Некоторые биометрические показатели  
генеративных побегов *Festuca pratensis* (3-й год)**

Показатель	Опыт ( $X_{cp}$ )	Контроль ( $X_{cp}$ )
Длина соцветия, см	14,3**	12,4
Количество веточек, шт.	16,1*	14,8
Количество колосков, шт.	24,6**	21,1
Количество цветков, шт.	100,1**	73,3
Количество плодов, шт.	81,7**	55,5
Масса соцветия, г	0,21**	0,15

\* При  $p < 0,05$ .

\*\* При  $p < 0,001$ .

Величина наземной биомассы компонентов КФ 8-летних экспериментальных посевов, г/м²

Виды	Экспериментальные посевы									
	<i>Festuca pratensis</i>		<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Dactylis glomerata</i>		<i>Bromopsis inermis</i> + <i>Elymus fibrosus</i>		<i>Phleum pratense</i> + <i>Amoria hybrida</i>	
	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль
Культивируемые виды:	49,7	53,8	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	60,2	37,8	3,2	1,4	—	—	—	—
	—	—	—	—	215,3	186,3	—	—	15,4	—
	1,3	6,5	—	—	—	—	65,6	78,5	—	—
	6,5	2,5	—	4,1	—	—	23,9	10,2	2,2	6,9
<i>Phleum pratense</i> L.	—	—	—	—	2,0	—	—	—	196,6	188,1
<i>Amoria hybrida</i> (L.) C. Presl	—	—	—	—	—	—	—	—	12,1	32,2
Виды-«внедренцы»:										
<i>Cirsium setosum</i> (Willd.) Bess.	5,7	1,6	3,3	+	4,0	1,6	2,0	—	9,0	2,2
<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	—	2,2	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Vicia cracca</i> L.	1,4	7,6	—	—	1,9	18,2	—	1,5	3,6	2,9
<i>Trifolium pratense</i> L.	30,5	21,6	5,2	5,2	9,1	2,8	4,3	13,0	1,3	+
<i>Amoria repens</i> (L.) C. Presl	4,6	26,5	33,2	2,7	1,3	6,3	3,5	7,3	+	12,2



Виды	Экспериментальные посевы									
	<i>Festuca pratensis</i>		<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Dactylis glomerata</i>		<i>Bromopsis inermis + Elymus fibrosus</i>		<i>Phleum pratense + Amoria hybrida</i>	
	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль
<i>Linaria vulgaris</i> Mill.	–	–	–	–	–	–	–	–	2,0	–
<i>Tussilago farfara</i> L.	30,6	28,6	101,5	33,0	42,4	7,5	6,2	13,8	6,6	4,4
<i>Poa palustris</i> L.	3,6	+	1,2	1,7	1,6	+	3,6	1,3	+	1,4
<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	+	–	+	1,8	+	5,2	+	1,2	1,6	1,4
<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	+	1,1	+	1,9	–	–	–	–	3,3	2,8
<i>Sonchus arvensis</i> L.	+	+	2,0	1,7	–	–	–	–	+	1,5
<i>Pastinaca sylvestris</i> Mill.	–	–	–	–	–	–	–	–	1,6	5,0
<i>Artemisia absinthium</i> L.	+	+	1,9	1,2	–	–	–	–	–	1,3
<i>Artemisia vulgaris</i> L.	+	+	3,9	+	+	10,2	–	–	–	–
<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	44,3	19,4	45,6	7,2	13,3	+	1,6	2,4	3,8	6,8
<i>Lathyrus pratensis</i> L.	18,5	24,8	78,6	94,2	14,5	25,8	170,2	120,1	54,3	24,3
<i>Cerastium holosteoides</i> Fries.	3,2	+	–	–	–	–	–	–	–	–
Наземная биомасса, г/м²	203,5	196,4	339,2	195,6	313,6	268,3	283,4	252,4	317,0	294,2

П р и м е ч а н и е . + – величина сухой биомассы менее 1,0 г/м².

Исследование показало, что внесение МБП в целом благоприятно влияет на формирование изучаемых КФ, способствует сохранению всходов и росту особей, ускоряет их развитие, увеличивает биомассу.

**Трансформация экспериментальных посевов *Festuca arundinacea*.** *Festuca arundinacea* для Уральского региона является видом-интродуцентом. Данный вид широко используется при биологической рекультивации вскрышных отвалов угольных разрезов в лесостепной зоне Кузбасса [73].

Данный вид рекомендуется к применению в посевах в качестве мелиорирующей культуры при биологической рекультивации нарушенных промышленностью земель.

Экспериментальные посевы *Festuca arundinacea* 2-го года жизни характеризовались очень низкими показателями ОПП и ППК (в опыте – 8 % и 5 %, в контроле – 5 % и 4 % соответственно), так как большая часть особей культурного вида находилась на ранних этапах онтогенеза (табл. 45). Варианты посева отличались количеством внедрившихся видов (в опыте 21 вид на 25 м<sup>2</sup> (9–12 видов), в контроле – 29 видов (16–17 видов) растений), низким коэффициентом общности ( $K_j$  – 39 %). Преобладающими видами-«внедренцами» в опытных посевах являлись *Tussilago farfara*, *Polygonum aviculare* (sp), *Chenopodium album* (sol), в контроле – *Polygonum aviculare* (sp gr), *Tussilago farfara* (sp), *Chenopodium album* (sol-sp), остальные виды встречались в единичном экземпляре.

Т а б л и ц а 45

**Динамика пространственной структуры посевов *Festuca arundinacea* (на 0,25 м<sup>2</sup>)**

Год жизни	Вариант	ОПП, %		ППК, %		Плотность побегов	Доля генеративных побегов, %
		$X_{cp}$	lim	$X_{cp}$	lim		
2-й	Опыт	5	2–16	5	2–10	302±81	–
	Контроль	4	2–20	4	2–20	140±39	–
3-й	Опыт	14	5–30	11	4–30	143±18	10,1
	Контроль	11	5–45	8	5–15	139±15	8,2
4-й	Опыт	31	5–80	22	5–75	111±21	29,4
	Контроль	11	5–20	10	5–20	108±8	19,0
5-й	Опыт	34	10–80	14	2–60	57±12	20,6
	Контроль	35	10–90	9	2–20	43±6	17,1
7-й	Опыт	50	35–70	9	0–20	26±5	12,9
	Контроль	50	30–80	13	2–20	45±10	18,0
10-й	Опыт	66	40–98	19	5–35	25±3	15,7
	Контроль	68	35–98	12	5–20	25±4	31,3

На 2-й год развития ЦП опытного варианта отличались по среднему количеству особей на единицу площади. Плотность ценобионтов *Festuca arundinacea* в опытных посевах превышала в 2,2 раза контроль.

Растения перешли в генеративное состояние на 3-м году жизни. Опытный вариант ЦП отличался плотностью травостоя и более высокой долей генеративных побегов. Число побегов в зоне кущения у генеративных особей *Festuca arundinacea* в опыте варьировало от 3 до 31, в контроле – от 3 до 19 шт.

Формирующиеся ЦП *Festuca arundinacea* можно охарактеризовать как нормальные неполноценные (рис. 8).

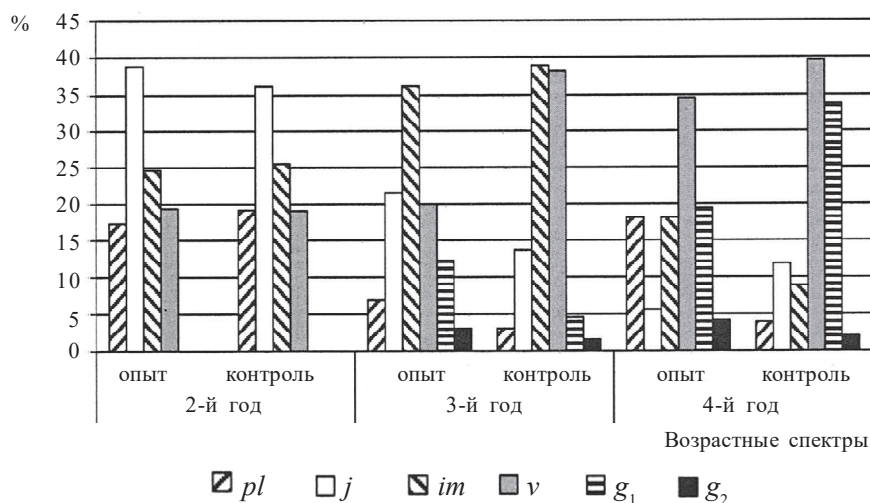


Рис. 8. Динамика возрастных спектров ЦП *Festuca arundinacea*

С 5-го года наблюдался рост ОПП как в опытных, так и контрольных вариантах. В опыте сохранялось более высокое ППК *Festuca arundinacea*. Отмечено уменьшение плотности посевов как в опытных, так и в контрольных вариантах на 5-й год формирования КФ. Но только на 7-й год в посевах данной культуры сформировалось сообщество в стадии фитоценоза (ОПП = 50 %).

На 10-й год формирования КФ *Festuca arundinacea* в опытном варианте преобладали *Festuca arundinacea*, *Lathyrus pratensis*, *Tussilago farfara*, *Elytrigia repens* (cop<sub>2</sub>); *Elymus fibrosus*, *Bromopsis inermis*, *Artemisia vulgaris* (cop<sub>1</sub>); *Cirsium setosum*, *Vicia sepium* L., *Taraxacum officinale*, *Equisetum arvense* L. (sp); в контроле: *Festuca arundinacea*, *Lathyrus pratensis*, *Elymus fibrosus* (cop<sub>3</sub>); *Artemisia vulgaris*, *Cirsium setosum* (cop<sub>1</sub>); *Elymus fibrosus*, *Artemisia absinthium*, *Potentilla intermedia* L. (sp). ОПП составляло в опыте 80 %, ППК – 25 %, в контроле – соответственно 60 % и 20 %. Видовое разнообразие КФ *Festuca arundinacea* составляло: в опыте 21 вид, в контроле – 20 видов.

В морфологической структуре ЦП *Festuca arundinacea* выявлены различия по ряду показателей генеративных побегов (табл. 46). Ценобионты 3-го года раз-

вития в опытных деланках достоверно отличались более высокими значениями показателей (длина соцветия, количество веточек, колосков, цветков, плодов в соцветии, вес соцветия). Отмечается сохранение достоверных различий ( $p < 0,001$ ) у *Festuca arundinacea* по количеству цветков и плодов в соцветии на 8-й год.

Т а б л и ц а 46

**Некоторые биометрические показатели  
генеративных побегов *Festuca arundinacea***

Показатель	Опыт ( $X_{cp}$ )	Контроль ( $X_{cp}$ )
3-й год жизни		
Длина соцветия, см	12,5*	11,9
Количество веточек, шт.	15,5**	13,8
Количество колосков, шт.	21,4**	18,8
Количество цветков, шт.	84,4*	78,7
Количество плодов, шт.	69,6**	55,7
Масса соцветия, г	0,18**	0,16
8-й год жизни		
Длина соцветия, см	14,8	14,6
Количество веточек, шт.	5,9	9,0**
Количество колосков, шт.	24,4	26,9**
Количество цветков, шт.	118,6**	98,8
Количество плодов, шт.	73,7**	64,3
Масса соцветия, г	0,22	0,20

\* При  $p < 0,05$ .

\*\* При  $p < 0,001$ .

Анализ продуктивности 8-летних КФ *Festuca arundinacea* показал, что в опытном варианте была получена наибольшая надземная масса растений – 339,2 г/м<sup>2</sup>, в контроле в 1,7 раза меньше – 195,6 г/м<sup>2</sup>, но при этом на долю культурного вида приходилось всего 17,8 % и 19,3 % соответственно (см. табл. 44). Фитомасса *Festuca arundinacea* опытного варианта в среднем в 1,6 раза превышала фитомассу контрольного варианта.

Виды-«внедренцы» представлены преимущественно злаками и бобовыми: 13,8 % и 34,5 % соответственно (опыт); 6,7 % и 52,2 % (контроль).

Таким образом, внесение МБП в посевы *Festuca arundinacea* в целом способствует сохранению всходов, благоприятно влияет на рост особей, ускоряет их развитие, увеличивает биомассу.

Формирование ЦП *Festuca pratensis* и *F. arundinacea* происходит разными темпами, в зависимости от индивидуальных особенностей видов. В условиях гидроотвала *F. arundinacea* показала медленный темп формирования.

В целом продолжительность жизни культур в экспериментальных посевах соответствует срокам пребывания в естественных травостоях.

На основании полученных данных можно сделать вывод о перспективности продуктивного использования *Festuca pratensis* и *F. arundinacea* для биологической рекультивации данного объекта.

**Трансформация экспериментальных посевов *Dactylis glomerata*.** Изучение трансформации КФ как в опыте, так и в контроле показало, что в течение первых 3 лет наряду с *Dactylis glomerata* (встречаемость 100 %) высокую встречаемость и обилие на учетных площадках имели сорно-рудеральные виды-эксплеренты: *Polygonum aviculare*, *Lepidotheca suaveolens* (Pursh.) Nutt., *Chenopodium album* (обилие  $sp-cop_1$ , встречаемость от 20 до 94 %), которые быстро заселили свободные от растений пространства.

В период с 3-го по 7-й годы шло формирование разнотравно-злаково-бобового сообщества с доминированием *Trifolium pratense* ( $sp\ gr$ , встречаемость – 80 %), *Melilotus albus* ( $cop_2$ , 77 %), *Amoria repens* ( $sp\ gr$ , 67 %), с усилением роли *Dactylis glomerata* как вида-эдификатора. В последующий период произошло выпадение перечисленных видов-«внедренцев» из травостоя.

На малопригодных глинах КФ *Dactylis glomerata* развивались медленно, только к 10-му году ОПП достигло 74–84 %, при этом доля участия культивируемого вида не превышала 20–25 %.

К 15-му году КФ сформировалось разнотравно-бобово-злаковое сообщество, с преобладанием *Dactylis glomerata* (обилие  $cop_1-cop_2$ , встречаемость – 100 %), *Elymus fibrosus* ( $sp$ , 75 %), *Phleum pratense* ( $sp$ , 67 %), *Poa palustris* ( $sp$ , 50 %), из разнотравья – *Taraxacum officinale* ( $sol-sp$ , 83 %), *Leucanthemum vulgare* Lam. ( $sp-cop_1$ , 75 %), *Tussilago farfara* ( $sp$ , 58 %), из бобовых – *Lathyrus pratensis* ( $sp\ gr$ , 75 %). Остальные виды встречались рассеянно или единично.

Плотность побегов *Dactylis glomerata* на 2-й год по вариантам резко различалась: в опыте она составила 670 побегов на 1 м<sup>2</sup>, в контроле – 1433 побега на 1 м<sup>2</sup> (табл. 47). Большая часть растений находилась на ранних этапах онтогенеза (проростки, всходы, ювенильные и имматурные растения). КФ в вариантах имели неоднородную горизонтальную структуру: всходы были сгруппированы по микропонижениям рельефа, а в опытном варианте частично смыты. В целом размещение культурного вида по вариантам – равномерно-групповое.

В последующие 2 года в обоих вариантах, особенно в контроле, отмечалось многочисленное выпадение особей *Dactylis glomerata*, в результате чего на 5-й год

наблюдений показатель плотности побегов в значительной степени выровнялся и составил в опыте 254 шт/1 м<sup>2</sup>, в контроле – 275 шт/1 м<sup>2</sup>, при этом доля генеративных побегов в опыте была выше в 1,9 раза.

К 10-му году более высокие показатели плотности побегов отмечены в опытном варианте (табл. 47).

Т а б л и ц а 47

**Формирование КФ *Dactylis glomerata***

Показатель		Возраст посева, лет						
		2		5		10		13
		опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	посевы в целом
ОПП, %		10	9	32	42	74	84	80
ППК, %	$X_{cp}$	4	5	13	13	35	45	21
	lim	1–5	1–15	1–20	1–50	20–45	30–60	5–50
Суммарное проективное покрытие, %	$X_{cp}$	8	9	31	40	93	90	85
	lim	3–40	3–50	15–80	5–90	52–152	52–122	60–105
Количество видов в КФ, шт.		36	31	26	21	21	30	37
Количество видов, шт/0,25 м <sup>2</sup>	$X_{cp}$	3,7	2,7	5,3	4,1	4	3,9	11,3
	lim	2–6	2–5	3–8	3–6	2–6	3–7	6–18
Плотность побегов <i>Dactylis glomerata</i> , шт/м <sup>2</sup>		670	1433	254	275	418	310	244
Доля генеративных побегов, %		–	–	7,7	4,1	21,0	24,8	16,1
Вес воздушно-сухой биомассы <i>Dactylis glomerata</i> , г/м <sup>2</sup>		7,0	15,0	90,0	122,3	215,3	186,6	85,6
Вес воздушно-сухой биомассы всего с площадки, г/м <sup>2</sup>		8,0	16,0	95,0	127,3	316,6	290,5	242,4

В связи с устойчивостью посевов *Dactylis* и сглаживанием отличий между опытом и контролем было проведено более подробное изучение состояния 13-летнего КФ в целом, а также в местах распространения данного вида по поверхности полигона. Установлено, что размещение особей *Dactylis glomerata*

на площади посева равномерное. Несмотря на некоторое снижение ОПП, к 13-му году жизни посева плотность побегов составила 244 шт/м<sup>2</sup>, при этом доля генеративных побегов – 16,1 %. На территории полигона плотность побегов *Dactylis* достигала 214,8 шт/м<sup>2</sup>, а доля генеративных побегов – 27,6 %.

Изучение возрастной структуры показало, что 13-летняя ЦП *Dactylis glomerata* в пределах посева является нормальной. Возрастной спектр двухвершинный – преобладают имматурные особи и особи старого генеративного состояния (рис. 9).

На полигоне (за пределами посева) в возрастном спектре преобладают молодые прегенеративные особи. Следовательно, данный вид относительно устойчив и характеризуется неплохим семенным возобновлением. Это подтверждается и результатом анализа качества семян *Dactylis glomerata*: масса 1000 семян составляла 1,17 г; энергия прорастания – 47 %; всхожесть – 60 %.



Рис. 9. Возрастные спектры 13-летней ЦП *Dactylis glomerata* и ЦП за пределами посева

В экспериментальном посеве развиваются более мощные побеги *Dactylis*, чем около посева на полигоне (табл. 48).

Сравнительный анализ продуктивности экспериментального посева и участков самозаращения на полигонах гидроотвала показал, что производительность и кормовое достоинство КФ в 2–3 выше, чем у сообществ естественного зарастания гидроотвала, эти показатели близки к уровню производительности естественных лугов в районе месторождения.

Анализ продуктивности 8-летних посевов *Dactylis glomerata* показал, что КФ характеризовались наиболее высокими значениями весового обилия и фитомассы культивируемого вида (см. табл. 44). В опытном варианте надземная масса *Dactylis* в среднем составляла 215,3 г/м<sup>2</sup> (весовое обилие – 68,7 %). Такие высокие показатели весового обилия *Dactylis glomerata* обусловили значительную массовую долю злаков в КФ: 75,1 % (опыт) и 70,4 % (контроль). Бобовые в опыте составляли всего 8,6 % от общей фитомассы, в контроле – 19,8 %.

**Биометрические показатели  
генеративных побегов *Dactylis glomerata***

Показатель	Посев			Полигон		
	$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$	$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$
Высота побега, см	115,5	72,5–161	17	96,8	45,5–140,2	36
Количество узлов на удлинённой части побега, шт.	4,6	3–7	15	3,3	1–4	26
Размер листа, см:						
длина предфлажья	19,3	11–37	27	18,3	6,8–27	28
ширина предфлажья	0,49	0,3–0,5	23	0,5	0,3–0,8	21
Длина соцветия, см	10,0	3,7–21,5	29	9,5	6,5–13,7	22
Количество веточек в соцветии, шт.	5,9	3–9	21	5,8	4–7	17
Длина первой веточки, см	4,6	1–10,5	33	4,7	2,7–7,6	28
Масса соцветия, г	0,3	0,05–1,18	57	–	–	–
Масса побега, г	1,8	0,49–5	45	2,51	0,95–5,38	50

Таким образом, мониторинговые исследования экспериментальных посевов *Dactylis glomerata* показали, что посе́вы долговременны и устойчивы в условиях гидроотвала Шуралино-Ягодного месторождения, данный вид является перспективным видом для биологической рекультивации. *Dactylis glomerata* занимает устойчивое положение в 1-м ярусе, конкурентноспособна, является доминантом в данном растительном сообществе. МБП в целом оказал положительное влияние на формирование растительности на малообеспеченных элементами минерального питания глинистых породах.

**Трансформация экспериментальных посевов злаково-бобовой травосмеси.** Злаково-бобовая травосмесь состояла из *Phleum pratense* и *Amoria hybrida*. *Phleum pratense* рекомендуется для выращивания на глинистых и суглистых почвах, но данный вид требователен к содержанию питательных веществ. *Amoria hybrida* часто используется в качестве компонента в травосмесях со злаковыми травами и рекомендована к применению в посевах в качестве мелиорирующей культуры на тяжелых глинистых субстратах нарушенных земель [36, с. 26].

Исследования показали, что рассматриваемые ЦП многолетних трав проявляют в посевах на малопродуктивных глинах видоспецифичность по темпам



развития и по реакции на внесение МБП. Экспериментальные КФ травосмеси в течение первых 2–4 лет значительно превосходили контрольный вариант по ОПП и ППК высеванных культур (рис. 10). КФ в обоих вариантах имели неоднородную горизонтальную структуру, размещение культурных видов – равномерно-групповое.

На опытных делянках уже на 2-й год формирования ценоза были встречены всходы 30 видов-«внедренцев», из которых преобладали: *Phleum pratense*, *Amoria hybrida* (sp gr–cop<sub>1</sub>), *Polygonum aviculare*, *Trifolium pratense*, *Amoria repens* (sp gr), *Vicia cracca*, *Cirsium setosum* (sol–sp). В контроле насчитывалось 26 видов, из них высокое обилие имели: *Amoria hybrida*, *Polygonum aviculare* (sp gr–cop<sub>1</sub>), *Phleum pratense* (sp gr), *Atriplex sagittata* Borkh. (sol–sp). К<sub>г</sub> вариантов составил 36 %.

За счет видов-«внедренцев» в посевах травосмеси стадия фитоценоза (ОПП – 50 %) была достигнута на 3-й год формирования КФ.

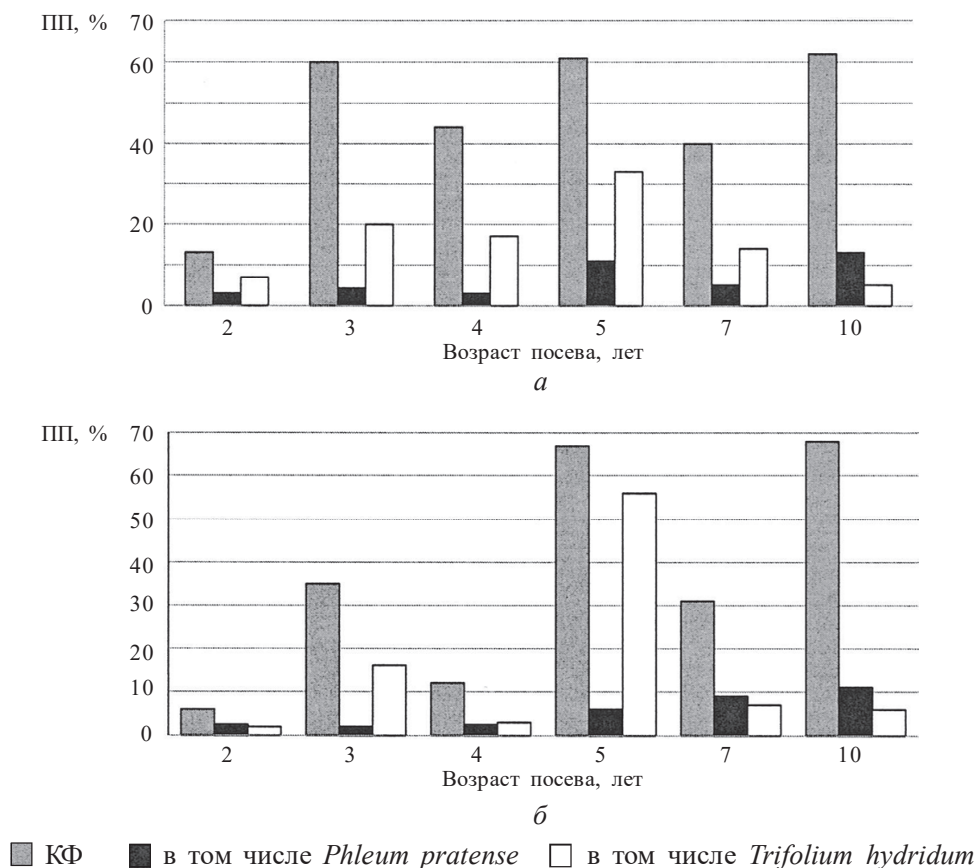


Рис. 10. Динамика пространственной структуры КФ травосмеси:  
а – опыт; б – контроль

Экспериментальные КФ травосмеси со 2-го года и далее в течение 5 лет значительно превосходили контрольный вариант по ППК, плотности побегов и доле генеративных побегов (табл. 49).

Известно, что *Phleum pratense* в смеси с *Amoria hybrida* развивается и растет очень медленно [31, с. 36]. Этим можно объяснить увеличение показателя ППК *Phleum pratense* в опыте только к 5-му году формирования, в контроле – к 10-му году, лишь после снижения обилия и ППК *Amoria hybrida*.

Анализ формирования фиторазнообразия показал, что на 2-й год посева КФ среднее число видов на площадках 0,25 м<sup>2</sup> в вариантах было одинаковое, но в последующие годы биоразнообразие в опыте стало выше.

ЦП *Phleum pratense* характеризовались сложной морфологической структурой. Анализ вегетативных побегов 2-летних особей *Phleum pratense* выявил достоверные различия ( $p < 0,05$ ) ценобионтов опытных делянок по высоте побега, длине и ширине листа.

Исследование генеративных побегов 3-летних особей *Phleum pratense* выявило достоверные различия ценобионтов с делянок с внесением МБП по высоте побега (при  $p < 0,05$ ), по длине и весу султана (при  $p < 0,001$ ) (табл. 50). Отмечается сохранение достоверных различий ( $p < 0,05$ ) по длине соцветия растений *Phleum pratense* в опытном варианте на 8-й год. К 16-му году формирования КФ все различия генеративных побегов *Phleum pratense* выравниваются.

Общий вес надземной фитомассы травосмеси *Phleum pratense* и *Amoria hybrida*, полученной как в опытном (317,0 г/м<sup>2</sup>), так и в контрольном (294,2 г/м<sup>2</sup>) вариантах, значителен. В среднем вес надземной фитомассы составил соответственно 196,6 г/м<sup>2</sup> и 188,1 г/м<sup>2</sup>. КФ травосмеси характеризуется высокими показателями относительного весового обилия злаков в общей фитомассе: 68,8 % (опыт), 69,0 % (контроль), что обусловлено значительным весовым обилием *Phleum pratense* (62,0 % и 63,9 % соответственно).

Надземная масса *Amoria hybrida* имеет значительно более низкие показатели. В опытном варианте она в среднем составила 12,1 г/м<sup>2</sup> (относительно весовое обилие – 3,8 %), в контрольном варианте – 32,2 % (11 %). В целом на долю бобовых (*Lathyrus pratensis* и др.) в опыте приходится 23,0 %, в контроле – 24,7 %.

Таким образом, КФ «злаково-бобовая травосмесь» при выращивании в условиях гидроотвала характеризовались устойчивостью, высоким ОПП и ППК. Снижение обилия *Amoria hybrida*, вероятно, связано со сменой поколения, которое имело продолжительность жизни 7 лет, что согласуется с литературными данными по этой культуре для таежной зоны. Исследование показало, что МБП влияет на рост и развитие вегетативных особей *Phleum pratense*, на длину и вес колоса у генеративных побегов, способствует сохранению биоразнообразия растительных сообществ.

Динамика структуры экспериментальных посевов злаково-бобовой травосмеси

Показатель	Возраст посева, лет											
	2		3		4		5		7		10	
	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль
Среднее проективное покрытие, % в том числе: <i>Phleum pratense</i> <i>Trifolium hybridum</i>	13	6	38	25	44	12	61	67	40	31	62	68
	3	2,5	4,2	2	3	2,5	11	6	5	9	13	11
	7	2	20	16	17	3	33	56	14	7	5	6
Плотность побегов <i>Phleum pratense</i> на 0,25 м <sup>2</sup>	215	65	183,5	91,1	59,6	34,0	78,9	39,2	38,3	35,4	62,8	57,2
Доля вегетативных побегов, %	100	100	99,2	99,9	89,4	92,4	44,6	47,7	60,8	44,4	74,5	62,4
Доля генеративных побегов, %	–	–	0,8	0,1	10,6	7,6	55,4	52,3	39,2	55,6	25,5	37,6
Среднее число видов на площадке 0,25 м <sup>2</sup>	3,5	3,5	7,7	6,1	6,6	5	5,2	3,5	6,9	5,7	5,8	7,1
Lim числа видов на площадке 0,25 м <sup>2</sup>	2–5	2–5	6–13	3–9	4–10	3–7	2–9	2–7	6–12	3–9	2–8	3–10
Число видов на 75 м <sup>2</sup>	30	26	24	23	24	17	24	18	24	19	27	33

**Некоторые биометрические показатели  
генеративных побегов *Phleum pratense***

Показатель	Возраст посева, лет					
	3		8		16	
	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль
Высота побега, см	62,3*	55,2	82,3	85,2	82,1	86,1
Количество листьев, шт.	2,9	2,8	3,9	3,8	4,8	4,1
Длина листа, см	8,5	8,3	13,5	13,3	13,0	11,8
Ширина листа, см	0,2	0,1	0,5	0,4	0,4	0,4
Длина соцветия, см	3,1**	2,2	4,8*	4,5	3,0	3,2
Масса соцветия, г	0,14**	0,10	0,15	0,16	0,089	0,087
Масса побега, г	—	—	1,02	1,01	0,78	0,832

\* При  $p < 0,05$ .

\*\* При  $p < 0,001$ .

**Анализ посевных качеств семян кормовых трав.** Семенная продуктивность – это число семян, продуцируемых одной особью или одним генеративным побегом; она обуславливает продолжительность жизни индивидуума, захват территории, расселение, выживаемость, устойчивость к неблагоприятным условиям жизни и зависит от биологических свойств растения, условий произрастания, консортов (опылителей, семяеда, грибных и прочих паразитов). Как правило, в любом фитоценозе отдельные виды травянистых растений существенно отличаются друг от друга по семенной продуктивности. Семенная продуктивность луговых трав определяется следующими структурными элементами: числом генеративных побегов на особь, количеством цветков в соцветии и цветков, давших плоды (% плодоношения), числом семян на одну особь [74].

Процесс формирования отдельных органов растения является одновременно процессом образования структурных элементов его продуктивности. Сведения о продуктивности и урожае многолетних луговых злаков имеются во многих источниках [31, 74]. Данные о количестве семян, продуцируемых отдельными видами фитоценоза на единицу площади, представляют больший интерес, чем семенная продуктивность, так как компоненты фитоценозов сильно различаются по урожаю семян. При использовании лугов в качестве сенокосов или пастбищ из-за отчуждения травы в сроки, предшествующие созреванию семян, не все растения могут обсеменяться, так как часть семян удаляется с урожаем надземной

## Посевные качества семян испытанных культур

Вид	Год	Энергия проростания, %		Всхожесть, %		Вес 1000 семян, г	
		опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	литературные данные
<i>Festuca pratensis</i>	1995	41,7	43,7	95,2	93,2	2,43±0,11	2,13±0,08
	2000	89	81	95,8	90,7	2,60±0,01	2,40±0,01
<i>Festuca arundinacea</i>	1995	80,5	88,8	94	96,3	2,36±0,04	2,28±0,11
	2000	92,3	87,8	99	98,5	2,60±0,01	2,50±0,01
<i>Dactylis glomerata</i>	1995	42	37,5	54	44,5	0,98±0,04	0,88±0,01
	2000	23	22	57	58	0,60±0,02	0,60±0,03
<i>Bromopsis inermis</i>	1995	86,2	66,0	96	90	3,72±0,01	3,45±0,03
	2000	66	65,2	89	71,3	3,20±0,10	3,40±0,08
<i>Elymus fibrosus</i>	1995	—	—	—	—	4,28±0,14	4,29±0,18
	2000	8	6	33,3	30,3	4,30±0,12	3,60±0,11
<i>Phleum pratense</i>	1995	79	61,8	87	90,3	0,61±0,01	0,55±0,01
	2000	11	9	27	26	0,15±0,01	0,17±0,01

\* В. Ф. Корякина [31]; \*\* Н. Г. Андреев [33]; \*\*\* И. В. Ларин [74].

массы или поедается скотом. Кроме того, при сенокосном использовании многие виды утрачивают способность плодоносить и размножаться генеративно. Все это приводит к резкому снижению урожая в фитоценозе.

Анализ посевных качеств семян, от которых во многом зависит урожайность, долговечность, устойчивость ценозов, а главное – их самовозобновление, показал, что семена с опытных посевов обладают более высокой энергией прорастания и всхожестью I–II класса [75, 76] (табл. 51).

Семена *Festuca arundinacea* урожая 2000 г. обладали следующей энергией прорастания: 87,8 % (контроль) и 92,3 % (опыт); семена *Festuca pratensis* – 81,0 % (контроль) и 89,0 % (опыт). У *Bromopsis inermis*, *Elymus fibrosus* и *Phleum pratense* эти различия не проявились.

Семена *Festuca pratensis* и *Festuca arundinacea*, *Bromopsis inermis*, как урожая 1995 г., так и урожая 2000 г., показали высокий процент всхожести (от 71,3 до 99,0 %), ниже оказалась всхожесть семян *Dactylis glomerata* (44,5–58,0 %).

Посевные качества семян *Phleum pratense* урожаев 1995 и 2000 гг. сильно различаются, что дает право предположить сильную зависимость их качества от погодных условий и возраста растений.

Вес 1000 семян является стабильным показателем для каждого вида. К резкому снижению этого показателя могут привести только исключительно неблагоприятные условия произрастания. Показатели по весу 1000 семян, полученных в КФ, близки к литературным данным (см. табл. 51).

Высокие посевные качества семян исследуемых культур характеризуют потенциальные возможности семенного возобновления видов, что очень важно при поддержании созданных на отвалах многолетних продуктивных КФ.

*Amoria repens* и *Amoria hybrida*, *Festuca pratensis* и *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata*, *Phleum pratense*, *Elymus fibrosus*, *Bromopsis inermis* представляют особый интерес для использования при биологической рекультивации гидроотвалов.

Таким образом, внесение МБП в целом благоприятно влияет на формирование изучаемых КФ, способствует сохранению всходов и ускоряет их развитие, оказывает положительный эффект на рост особей, увеличивает биомассу растений, улучшает посевные качества семян.

## **ОПЫТ СОЗДАНИЯ И ИЗУЧЕНИЯ КУЛЬТУРФИТОЦЕНОЗОВ ПРИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ, НАРУШЕННЫХ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ УРАЛА**

Среди разнообразных форм антропогенного нарушения целостности ландшафтов не последнее место занимают золоотвалы тепловых электростанций. Большие площади подобных отвалов, их негативное влияние на окружающую среду требуют разработки методов рекультивации. Важным является определение тенденций, направленности и темпов естественного восстановления растительного покрова на нарушенных территориях, создание и включение искусственных фитоценозов в естественные зональные экосистемы. При проведении биологической рекультивации необходимо правильно подобрать виды для создания устойчивых хозяйственно-ценных КФ, способных существовать в течение длительного времени без специальных поддерживающих мероприятий и выдерживать высокие антропогенные нагрузки.

Проблема ликвидации отрицательного влияния золоотвалов на окружающую среду встала перед человечеством в середине XX в. Золоотвалы тепловых электростанций – своеобразные образования современного урбанизированного ландшафта, созданные человеком и не имеющие аналогов в природе. Тепловые электростанции работают на различных видах низкосортного каменного угля тонкого помола с высокой зольностью. Отходы после сжигания каменного угля в виде пульпы (с содержанием золы до 15 %) выбрасываются по трубопроводам в естественные или искусственно созданные котлованы, занимающие по площади десятки и сотни гектаров. Высыхая, они превращаются в пылящие пространства, засоряющие воздух и почву. Из-за подвижности частиц золы, отсутствия в субстрате азота и подвижных растворимых соединений процессы естественного зарастания золоотвалов происходят крайне медленно, поэтому данные пространства могут быть названы индустриальными пустынями. В связи с этим возникла необходимость в разработке методов биологической консервации золоотвалов, как самых дешевых и наиболее эффективных. К решению этой проблемы было привлечено внимание многих ученых различных специальностей как в нашей стране, так и за рубежом.

Первый в СССР опыт по биологической рекультивации золоотвалов был проведен в 1954 г. на золоотвале Новомосковской ГРЭС (Тульская область). Б. Я. Сигалов [77] впервые применил почвенное покрытие в 2–3 см и испытал

в этих условиях 31 вид растений. В более поздней совместной с А. А. Маликовым работе [78] он рекомендовал использовать любые отходы, содержащие органические вещества, и предлагал список растений для выращивания на золе.

Лабораторией промышленной ботаники биологического факультета Уральского государственного университета в 1959 г. по инициативе и под руководством В. В. Тарчевского были начаты исследования по разработке способов биологической рекультивации золоотвалов тепловых электростанций. Первые итоги исследований были обобщены В. В. Тарчевским [79–81], Б. П. Колесниковым и Г. М. Пикаловой [82].

По классификации Б. П. Колесникова [83, с. 22, 23] золоотвалы могут быть отнесены к семейству А – отвалам, образованным минеральными грунтами, классу II – отвалам, сложенным породами и рудами, подвергнутыми частичной или полной переработке, группе «б» – бедным по обеспеченности доступными элементами питания для растений, в первую очередь азотом. Золоотвалы относятся в большинстве к типу отвалов, пригодных для биологической рекультивации после улучшения.

С 1959 г. лабораторией Уральского университета ведутся научно-исследовательские работы по биологической рекультивации золоотвалов, расположенных как в таежной зоне (Березниковская ТЭЦ, Верхнетагильская, Нижнетуринская, Южнокузбасская ГРЭС), так и в зоне лесостепи (Красногорская ТЭЦ, Южноуральская ГРЭС). Также были исследованы золоотвалы центральной части Восточно-Европейской равнины СССР (Ленинградской, Новомосковской и других тепловых станций).

В 1969 г. проведена инвентаризация посевов, созданных за 10 лет на площади 210 га [84]. В процессе опытов на золоотвалах, расположенных в разных географических зонах и образованных золой углей различных месторождений, были испытаны следующие варианты рекультивации:

- 1) покрытие поверхности золы слоем почвы толщиной 2–3 см или слоем торфа толщиной 3–4 см; на золоотвале Южноуральской ГРЭС (лесостепная зона) проводилось сплошное покрытие золоотвала слоем почвы 10–20 см;
- 2) внесение полного комплекса минеральных удобрений;
- 3) покрытие поверхности золы слоем органического материала с половинной дозой полного минерального удобрения;
- 4) внесение полиакриламида;
- 5) использование ионообменных смол, насыщенных минеральными удобрениями;
- 6) применение обеззараженных осветленных сточных вод;
- 7) посев трав на «чистой» золе.

Для установления ассортимента многолетних растений, способных в короткий срок адаптироваться к необычным условиям среды и создать прочный дерновый покров, прекращающий пыление золоотвалов, было высеяно и высажено



более 200 видов многолетних, однолетних травянистых и древесно-кустарниковых растений. Наиболее устойчивыми культурами в условиях золоотвалов оказались *Bromopsis inermis*, *Festuca pratensis*, *F. rubra*, *Dactylis glomerata*, *Elymus fibrosus*, *Medicago media*, *Melilotus albus*, *M. officinalis*, *Amoria repens*, *Onobrychis arenaria* и другие виды [80].

В ходе исследований было установлено, что экономичными способами обогащения зольного субстрата являются полив сточными водами и ежегодное внесение минеральных удобрений в течение первых 5–10 лет. По оценке исследователей [85, 86], данные методы не уступают методам, предусматривающим внесение на золоотвалы почвы. Эффективный способ консервации золоотвалов – нанесение органического покрытия (почвы или торфа), с помощью которого создаются условия для самозаращения отвалов растительностью от занесенных на них семян местной флоры, а также обогащение зольного субстрата органическим веществом. Покрытие золоотвалов слоем почвы не столько приводит к увеличению запаса питательных веществ в золе, сколько способствует закреплению семян и всходов растений, интенсифицирует начавшийся почвообразовательный процесс за счет инокуляции поверхностных слоев золы почвенной микрофлорой и создания деятельной пленки ее сообществ. Тот факт, что в золе шлаконаливных полей, подвергнутых минимальному покрытию почвой, увеличивается микробиологическая активность [87, с. 70], а также возрастает видовое разнообразие водорослей, среди которых преобладают сине-зеленые, включая азотфиксаторы [88; 89, с. 151], убеждает, что рекультивационные мероприятия активизируют формирование сообществ почвенных микроорганизмов на стерильных субстратах. Анализ литературы показывает, что способы биологической рекультивации золоотвалов достаточно хорошо разработаны, а также изучены начальные этапы формирования растительности на золоотвалах. Метод биологической рекультивации поверхности золоотвалов (покрытие слоем почвы и посев травянистых растений) дает возможность в сравнительно короткий срок сформировать высокопродуктивные фитоценозы, по запасу биомассы близкие естественным зональным.

Наиболее целесообразным является создание КФ сенокосного использования с посевом культурных кормовых трав после нанесения на поверхность отвала тонкого слоя (2–5 см) плодородного почвогрунта. Созданные в таких условиях искусственные сенокосы обладают удовлетворительной продуктивностью (17–28 ц/га сухой массы), равноценной и даже превышающей продуктивность естественных лугов той же зоны. Вместе с тем следует отметить, что возникающий при биологической рекультивации травянистый покров недостаточно устойчив, он плохо выносит пастбищное использование, нуждается в постоянном агротехническом уходе (внесение удобрений, подсев трав, периодическое орошение). При отсутствии ухода и при высокой пастбищной нагрузке подобные КФ на золоотвалах быстро деградируют. В связи с этим подбор видов

для создания устойчивых КФ, способных существовать в течение длительного времени без специальных поддерживающих мероприятий и выдерживать высокие антропогенные нагрузки, является актуальным.

## Золоотвал Верхнетагильской ГРЭС

Золоотвал Верхнетагильской ГРЭС (ВТГРЭС) расположен в Свердловской области в 5 км от г. Верхний Тагил (таежная зона, подзона южной тайги). Площадь золоотвала 125 га. Отвал нагорный, высота дамб от 0 до 25 м. Золоотвал образован золой бурого угля Челябинского буроугольного бассейна: Коркинского разреза и Калачевских шахт. Подача пульпы прекращена в середине 60-х гг. Химический состав зольного субстрата приведен в табл. 52.

Т а б л и ц а 52

### Химический состав зольного субстрата

Наименование объекта	Валовое содержание основных элементов (% на прокаленную навеску)						N, %	Содержание подвижных элементов, мг/100 г золы		pH по KCl
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
ВТГРЭС	48,4	23,4	14,2	4,9	2,9	3,8	следы	23,5	7	8,5

С севера к отвалу примыкает низинный щучковый луг. С запада отвал граничит также с участками смешанного леса. Лес представлен сосняками средней производительности (*Pinus sylvestris*), березняками (*Betula pendula*, *B. pubescens*), осинниками (*Populus tremula*), ельниками (*Picea obovate* Ledeb.). В подлеске – *Rosa acicularis* Lindl., *Sorbus aucuparia* L., *Juniperus communis* Jacq. Восточный склон золоотвала спускается к злаково-разнотравному лугу в пойме р. Тагилки. Непосредственно к отвалу с северо-востока примыкают участки нарушенной территории, покрытые разнотравно-бобово-злаковыми растительными сообществами. Общим признаком для естественных ассоциаций, окружающих отвал, является высокое обилие злаков. Видами, доминирующими здесь, являются: *Agrostis gigantea*, *Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv., *Festuca pratensis*, *F. rubra*, *Poa pratensis*, *Elytrigia repens*.

Травянистая растительность, приближаясь к дамбам золоотвала, обедняется по видовому составу, сильно изреживается. Дамбы, сложенные крупномерным материалом из глины и щебня, имеют минимум питательных веществ. В травостое дамб преобладают *Bromopsis inermis*, *Festuca pratensis*, *Chamerioma angustifolium*, *Filipendula ulmaria*, *Tussilago farfara*, *Polygonum aviculare*,

*Sonchus arvensis*, *Cirsium setosum*, встречаются *Agrostis gigantea*, *Trifolium pratense*, *Ranunculus acris*.

Работы по биологической рекультивации золоотвала ВТГРЭС были начаты в 1968–1970 гг. (через 3 года после прекращения подачи пульпы). Биологическая рекультивация должна была обеспечить быструю консервацию золоотвала с целью прекращения дефляции золы, водной и ветровой эрозии золоотвала, подбор ассортимента многолетних трав и кустарников, а также древесных видов.

Ставились следующие задачи: 1) выбор наиболее рационального способа обогащения золы элементами питания растений; 2) разработка агротехники создания травяного покрова; 3) подбор видов травянистых растений, способных образовывать прочную дернину и одновременно устойчивые и долголетние ценозы; 4) анализ хода развития КФ в зависимости от условий произрастания; 5) испытание древесных видов на золоотвале.

Конечным результатом биологической рекультивации было создание на месте бесплодного золоотвала элементов культурного ландшафта с растительным покровом санитарно-гигиенического назначения и с частичным хозяйственным использованием.

Опытный стационар был заложен в июле 1968 г. Для изучения были взяты следующие варианты: 1) зола + глина; 2) зола + глина + NPK; 3) зола + NPK; 4) «чистая» зола.

Покрытие поверхности золоотвала глинистым грунтом проводилось полосами (ширина полос – 8–10 м, длина – 150–400 м) слоем 10–15 см, но местами толщина слоя составляла 20–25 см. Между полосами грунта оставались полосы «чистой» золы (ширина – 8–10 м). Сам грунт по агрохимическим показателям являлся вполне пригодным для произрастания растений. По гранулометрическому составу субстрат представлял собой глину (от 30 до 60 % частиц < 0,005 мм). Субстрат не засолен, pH водной вытяжки – 6,5–7,5. Содержание общего азота – 0,03 %;  $P_2O_5$  – 9,0 мг/100 г субстрата;  $K_2O$  – 10,7 мг/100 г субстрата.

При создании КФ на золоотвалах используются длительно живущие виды или виды, популяции которых отличаются хорошим вегетативным возобновлением. Для испытания были взяты следующие виды многолетних злаковых и бобовых трав: *Agropyron pectinatum*, *Festuca pratensis*, *Agrostis gigantea*, *Poa pratensis*, *Dactylis glomerata*, *Melilotus albus*. Применялась двойная норма высева семян.

Посев трав проводился ежегодно с 1968 по 1971 г. в различных вариантах опыта. Общая площадь посева составила около 30 га. Весной 1969 г. на золе с почвенно-грунтовым покрытием был проведен посев травосмеси *Agropyron pectinatum*, а на золе с почвенным покрытием – *Melilotus albus*. Весной 1970 г. на площади 20 га был проведен производственный посев злаково-бобовых трав. Основная часть площади была засеяна *Melilotus albus* и частично травосме-

сями из *Medicago media*, *Festuca pratensis*, *Onobrychis arenaria*, *Bromopsis inermis*, *Phleum pratense*, *Amoria repens*. В 1971 г. на золе, с внесением удобрений, проведен летний посев многолетних злаковых трав с 4-кратной нормой высева семян; площадь посева 1 га. В испытании участвовали: *Bromopsis inermis*, *Elymus fibrosus*, *Elymus trachycaulus*, *Agropyron pectinatum*.

Минеральные удобрения в первые годы вносились из расчета: азота – 75 кг (2,2 ц аммиачной селитры), калия – 60 кг (1,2 ц хлористого калия) и фосфора – 40 кг (2,0 ц суперфосфата) действующего вещества (ДВ) на 1 га. В 1971 г. в качестве основного удобрения и подкормки применялись аммиачная селитра и двойной гранулированный суперфосфат. В основном удобрении азота содержалось 120 кг, фосфора – 75 кг ДВ на 1 га; при подкормке посевов удобрения вносились из расчета 45 кг и 15 кг ДВ на 1 га соответственно.

В 1968–1971 гг. общая площадь посева и участков самозаращения на грунте (с учетом полос «чистой» золы между полосами грунта) составляла около 60 га.

Итогом проведенных работ была разработка «Рекомендаций по рекультивации золоотвала ВТГРЭС». Было рекомендовано два способа нанесения грунта – полосное или сплошное, определены нормы внесения удобрений, рекомендован ассортимент многолетних растений, разработана агротехника посева и рекомендации ухода за посевами.

При изучении на начальных этапах формирования КФ, созданных на золоотвале ВТГРЭС, определяли биологическую продуктивность у злаков (*Poa pratensis*, *Dactylis glomerata*, *Agrostis gigantea*, *Festuca pratensis*, *Agropyron pectinatum*). Надземная масса доминанта срезалась, высушивалась, взвешивалась. Подземная масса выкапывалась на глубину 20 см, отмывалась на ситах с диаметром отверстий 0,1 мм, высушивалась и взвешивалась. Повторность опыта 8-кратная, площадь делянки – 0,1 м.

Соотношение массы надземных и подземных органов у злаков 2-го и 3-го года жизни показало, что надземная масса развита слабее, чем корневая система. На формирование как надземной, так и подземной массы у всех культур оказало воздействие внесение удобрений. В среднем биологическая продуктивность растений зависела от способа мелиорации золы и варьировала в пределах от 69,43 до 132,40 ц/га воздушно-сухой массы, причем надземной массы было в 1,5–2,0 раза меньше, чем подземной.

Исходя из данных по биологической продуктивности видов-доминантов КФ (табл. 53), была определена урожайность культур и накопление массы подземных органов (табл. 54). Установлено, что внесение удобрений увеличивает накопление фитомассы в 1,5–2,0 раза.

Таким образом, урожайность и накопление массы подземных органов с возрастом растений увеличивается и зависит от способа мелиорации золы. Высокая хозяйственная и биологическая продуктивность культур дает возможность использовать золоотвалы как сенокосные угодья.

## Вес надземной и подземной фитомассы видов-доминантов 2-го и 3-го года жизни, г/м²

Вид	Вариант	Год вегетации	Надземная фитомасса		Подземная фитомасса		Общая масса, г	Отношение надземной фитомассы к подземной
			масса, г	доля, %	масса, г	доля, %		
<i>Poa pratensis</i>	Зола + покрытие	3	672	37,9	1100	62,1	1772	0,6
	Зола + покрытие + NPK	3	1086	39,9	1630	60,1	2717	0,7
<i>Agrostis gigantea</i>	Зола + покрытие	3	374	27,3	992	72,7	1366	0,4
	Зола + покрытие + NPK	3	616	35,4	1120	64,6	1737	0,6
<i>Dactylis glomerata</i>	Зола + покрытие	2	28	61,3	18	38,7	45	1,6
		3	314	60,1	208	39,9	522	1,5
	Зола + покрытие + NPK	2	33	66,0	17	34,0	50	1,9
		3	551	64,2	307	35,8	858	1,8
<i>Festuca pratensis</i>	Зола + покрытие	2	65	34,4	122	65,6	187	0,5
		3	325	26,2	917	73,8	1242	0,4
	Зола + покрытие + NPK	2	132	43,4	172	56,6	304	0,8
		3	407	27,5	1073	72,5	1480	0,4
<i>Agropyron cristatum</i>	Зола + покрытие	2	55	55,0	45	45,0	100	1,2
		3	577	51,6	541	48,4	1118	1,1
	Зола + покрытие + NPK	2	73	68,2	34	31,8	107	2,1
		3	863	52,8	771	47,2	1634	1,1

**Общий вес надземной и подземной фитомассы высеянных злаков  
на золоотвале ВТГРЭС, ц/га**

Культура	Годы вегетации	Зола + покрытие		Зола + покрытие + NPK	
		надземная фитомасса	подземная фитомасса	надземная фитомасса	подземная фитомасса
Злаки (среднее из пяти видов)	2	23,89	45,54	38,80	59,46
	3	40,50	55,53	60,70	71,70

Для выявления возможности семенного возобновления КФ проверялись посевные качества семян культур, выросших на золе с различным агротехническим воздействием (табл. 55).

Опыт с прорастанием семян показал, что семена культур, выросших на золоотвале, обладают высокими посевными качествами и могут обеспечить возобновление высеянных культур.

**Посевные качества семян культур с золоотвала ВТГРЭС**

Посевные качества семян	Зола + глинистый грунт			Зола + удобрение		Зола + глинистый грунт + удобрение			Почва [32, с. 44, 56]	
	<i>Festuca pratensis</i>	<i>Agrostis gigantea</i>	<i>Melilotus albus</i>	<i>Festuca pratensis</i>	<i>Agrostis gigantea</i>	<i>Festuca pratensis</i>	<i>Agrostis gigantea</i>	<i>Melilotus albus</i>	<i>Festuca pratensis</i>	<i>Agrostis gigantea</i>
Энергия прорастания, %	61,0	62,0	26,0	60,0	62,0	60,0	60,0	30,0	59,0	75,0
Всхожесть, %	69,0	69,0	63,0	79,0	68,0	68,0	74,0	65,0	85,7	82,7

**Испытанный ассортимент кустарников.** Посадка кустарников на золоотвале ВТГРЭС была проведена в мае 1969 г. в ямки размером 30 × 30 × 40 см, с подсыпкой глинистого грунта. Всего было высажено 116 экземпляров кустарников, а именно: *Crataegus sanguinea* Pall – 39, *Spiraea* sp. – 38, *Berberis vulgaris* L. – 36, *Amelanchier ovalis* Medik. – 3.

Наблюдения в год посадки показали, что прироста кустарников за вегетационный период не было; доля приживаемости составила в среднем 42,2 %. Облиственность кустарников плохая. Данные по состоянию кустарников приведены в табл. 56.

Наблюдения за состоянием кустарников в течение трех лет показали принципиальную возможность произрастания на золоотвале древесных и кустарниковых видов.

## Данные по состоянию кустарников на золоотвале ВТГРЭС

Вид	Высажено в 1969 г., шт.	Прижилось к осени 1969 г.		Сохранилось к 1971 г., шт.	Средняя высота, см (1971 г.)
		число экземпляров, шт.	доля, %		
<i>Crataegus sanguinea</i> Pall	39	11	28,2	11	81,7
<i>Berberis vulgaris</i> L.	36	15	41,6	14	35,4
<i>Spiraea</i>	38	23	60,5	22	58,8
<i>Amelanchier ovalis</i> Medik.	3	2	66,6	1	45,0
Итого	116	51	—	48	—

Таким образом, золоотвал ВТГРЭС, сложенный золой углей Челябинского и Богословского месторождений, является своеобразной средой для поселения растений. На первых этапах процесс самозарастания как «чистого» зольного субстрата, так и покрытого глинистым грунтом идет медленно.

Наблюдения за состоянием КФ в различных вариантах опыта показали, что культуры, высеянные на «чистой» золе, гибнут, едва дав всходы; на золе с покрытием глинистым грунтом злаково-бобовые травы формируют хороший травостой и прочную дернину, прекращающие дефляцию золы.

На золе с агротехническим вмешательством (покрытие грунтом, внесение удобрений) возможно высевать большое количество видов злаковых и бобовых трав, в том числе *Festuca pratensis*, *Dactylis glomerata*, *Agrostis gigantea*, *Poa pratensis*, *Melilotus albus*, *Medicago media*.

Семена культур, высеянных на золоотвале, вполне удовлетворительны по посевным качествам и могут частично обеспечить возобновление посевов.

Наблюдения за состоянием кустарников на золоотвале показали, что отпад их с годами уменьшается, но случайный подбор ассортимента не дает возможности конкретно рекомендовать испытанные виды для озеленения золоотвала.

Далее рекультивационные мероприятия продолжались в течение ряда лет. На значительной части золоотвала в начале 1990-х гг. после раскорчевки кустарников было проведено нанесение сплошного слоя торфа и произведен посев многолетних трав. При использовании комплекса органических и минеральных удобрений на данной территории были созданы продуктивные пастбищно-сенокосные угодья с доминированием *Bromopsis inermis*, ОПП составляло до 90–100 %.

В результате многолетних рекультивационных работ на золоотвале ВТГРЭС сформировались разновозрастные КФ.

Обследование данных КФ в 2004 г. показало, что ОПП растительностью высокое – 90–100 %. Более старый КФ (вариант I) представляет собой разно-



травно-злаковое растительное сообщество с доминированием *Bromopsis inermis* (сор<sub>1</sub>), содоминантами которого являются: *Convolvulus arvensis* L., *Silene nutans* L., *Plantago media* L., *Festuca rubra* (sp gr–сор<sub>1</sub>).

В более молодом КФ (вариант II) формируется бобово-разнотравно-злаковый фитоценоз с доминированием *Bromopsis inermis* (сор<sub>2</sub>), содоминантами которого являются: *Vicia sepium* L. (сор<sub>1</sub> gr), *V. cracca*, *Galium album* Mill., *Plantago media* (sp gr–сор<sub>1</sub>), *Galium mollugo* L., *Linaria vulgaris*, *Cirsium setosum*, *Taraxacum officinale*, *Festuca rubra* (sp gr).

В 2010 г. наблюдается небольшое снижение ОПП данных КФ (80–90 %). В качестве доминанта сохраняется *Bromopsis inermis* (сор<sub>2</sub>–сор<sub>3</sub>), содоминантами которого в варианте I через 6 лет выступают: *Euphorbia virgata* Waldst. & Kit. (сор<sub>2</sub> gr), *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., *Achillea millefolium* (sp gr–сор<sub>1</sub>); в варианте II – *Dactylis glomerata*, *Lathyrus pratensis*, *Cirsium setosum*, *Veronica chamaedrys* L. (sp–сор<sub>1</sub>), *Aegopodium podagraria* L. (sp gr–сор<sub>1</sub>).

Анализ продуктивности созданных КФ показал, что вес воздушно-сухой надземной фитомассы в варианте I изменяется незначительно – от 261,76 г/м<sup>2</sup> (2004 г.) до 212,97 г/м<sup>2</sup> (2010 г.), в варианте II – от 297,14 г/м<sup>2</sup> (2004 г.) до 291,52 г/м<sup>2</sup> (2010 г.) (табл. 57).

Преобладающими хозяйственными группами в травостое данных сообществ являются злаки, долевое участие их в 2010 г. по вариантам составляло 83,11 % и 87,63 %. Причем доля *Bromopsis inermis* в фитомассе варианта I в 2004 г. составила 69,27 %, а в 2010 г. – 70,75 %; в варианте II – 78,19 % и 76,98 % соответственно.

Т а б л и ц а 57

**Продуктивность КФ на золоотвале ВТГРЭС (2010 г.)**

Вариант	Год	Хозяйственные группы						Общая масса, г/м²
		злаки		бобовые		разнотравье		
		масса, г/м²	долевое участие, %	масса, г/м²	долевое участие, %	масса, г/м²	долевое участие, %	
I	2004	256,21	97,88	1,10	0,42	4,45	1,70	261,76
	2010	177,00	83,11	3,35	1,57	32,63	15,32	212,97
II	2004	245,40	82,60	32,68	11,00	19,06	6,40	297,14
	2010	255,45	87,63	14,16	4,86	21,91	7,51	291,52

Плотность побегов *Bromopsis inermis* в варианте I снижается с 408 шт/м<sup>2</sup> (2004 г.) до 250 шт/м<sup>2</sup> (2010 г.) и почти не меняется в варианте II – 318 шт/м<sup>2</sup> (2004 г.) и 304 шт/м<sup>2</sup> (2010 г.).



Доля участия вегетативных побегов *Bromopsis inermis* в травостое КФ за 6 лет увеличивается с 75 до 91 % (вариант I) и 94 % (вариант II), генеративных же снижается с 25 до 9 % (вариант I) и 6 % (вариант II). При этом биометрические показатели генеративных побегов изменяются в сторону увеличения, кроме количества веточек и колосков в соцветии (табл. 58). Аналогичные данные получены и для вегетативных побегов.

Таким образом, оценка опыта создания КФ на золоотвале ВТГРЭС показала, что рекультивационные мероприятия способствовали созданию устойчивых и продуктивных КФ с доминированием *Bromopsis inermis*. Вид *Bromopsis inermis* является перспективным при создании хозяйственно-ценных растительных сообществ.

Отсутствие ухода, высыхание субстрата и рекреационная нагрузка способствовали распаду и деградации КФ. При дальнейшей их трансформации произошло постепенное вытеснение культурных видов дикорастущими сорно-рудеральными и лугово-сорными видами (*Euphorbia virgata*, *Linaria vulgaris*, *Melandrium album* (Mill.) Garcke и др.).

Т а б л и ц а 58

**Некоторые биометрические показатели  
генеративных побегов *Bromopsis inermis***

Показатель	Вариант	Год	$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$
Высота побега, см	I	2004	102,6±1,28	59,5–136,5	12
		2010	127,7±1,36	90,4–159,3	11
	II	2004	94,8±1,39	45,0–131,0	15
		2010	104,1±1,14	68,4–140,0	11
Размер листа, см: длина предфлажья	I	2004	16,1±0,4	9,0–33,0	23
		2010	24,4±0,4	16,0–38,5	17
	II	2004	15,1±0,3	10,0–26,0	18
		2010	17,6±0,3	11,8–27,3	17
ширина предфлажья	I	2004	0,4±0,01	0,3–0,7	22
		2010	0,7±0,02	0,4–1,2	23
	II	2004	0,4±0,01	0,3–0,6	20
		2010	0,6±0,01	0,3–0,8	15

Показатель	Вариант	Год	$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$
Длина соцветия, см	I	2004	14,7±0,29	8,9–23,7	19
		2010	17,6±0,31	9,5–24,5	18
	II	2004	13,9±0,24	8,6–24,0	17
		2010	17,0±0,29	8,2–25,0	17
Количество веточек в соцветии, шт.	I	2004	23,8±0,52	15–46	22
		2010	22,6±0,60	7–39	27
	II	2004	25,0±0,63	12–51	25
		2010	21,4±0,50	6–34	23
Количество колосков в соцветии, шт.	I	2004	30,2±0,86	15–65	28
		2010	32,6±1,09	11–63	34
	II	2004	30,7±0,94	12–65	30
		2010	29,1±1,02	7–67	35
Количество цветков в соцветии, шт.	I	2004	192,8±7,11	67–465	37
		2010	215,9±8,32	77–514	39
	II	2004	180,0±7,01	48–407	39
		2010	164,8±5,79	51–345	35
Масса соцветия, г	I	2004	0,28±0,01	0,05–0,70	41
		2010	0,39±0,02	0,15–0,99	41
	II	2004	0,27±0,01	0,07–0,74	42
		2010	0,34±0,01	0,14–0,66	38
Масса побега, г	I	2004	1,65±0,07	0,26–4,77	40
		2010	2,92±0,10	1,40–6,35	34
	II	2004	1,67±0,06	0,33–3,69	38
		2010	1,68±0,05	0,74–4,11	31

**Структура и функциональная организация  
(на примере микоризообразования)  
КФ *Agropyron pectinatum* (Bieb.) Beauv. в условиях  
золоотвала Южноуральской ГРЭС (лесостепная зона)**

Золоотвал Южноуральской государственной районной электростанции (ЮУГРЭС) расположен рядом с г. Южноуральском (Челябинская область, лесостепная зона), вплотную примыкает к территории электростанции. Площадь золоотвала составляет 68 га.

Зола каменных и бурых углей, складываемая в золоотвалы, является специфическим субстратом, обладающим рядом особенностей. По механическому составу зола представлена фракциями песка и пыли с большой примесью измельченного шлака. Для золы характерна низкая влагоемкость, слабая теплопроводность, щелочная реакция среды, следовые количества или полное отсутствие азота, недостаточное содержание калия и в некоторых случаях недостаточное содержание фосфора в доступной для растений форме (табл. 59).

Т а б л и ц а 59

**Химический состав зольного субстрата**

Наименование объекта	Валовое содержание основных элементов (% на прокаленную навеску)						N, %	Содержание подвижных элементов, мг/100 г золы		pH по KCl
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
ЮУГРЭС	58,3	31,4	7,2	2	0,3	0,7	0,08	2,7	1,6	8

В 1964–1966 гг. на золоотвале была проведена рекультивация со сплошным покрытием слоем почвы толщиной 10–15 см и посевом многолетних трав: *Onobrychis arenaria*, *Medicago media*, *Bromopsis inermis* и *Agropyron pectinatum*.

Мониторинговые исследования КФ, проведенные на золоотвале с 1972 по 2000 г., показали, что после этапа биологической рекультивации сразу сформировались продуктивные и хозяйственно-ценные растительные сообщества с преобладанием высеянных видов.

К 1970 г. на участках с посевом многолетних трав образовались эспарцетовый КФ (доминант *Onobrychis arenaria*), люцерновый КФ (доминант *Medicago media*), кострцовый КФ (доминант *Bromopsis inermis*).

Через 15 лет (1980 г.) после проведения биологической рекультивации при обследовании рекультивированного золоотвала нами было выделено четыре растительных сообщества:

1. Разнотравно-полынно-злаковый фитоценоз (представленный 59 видами). Аспект создавали злаки *Poa pratensis* (cop<sub>2</sub>), *Elytrigia repens* (cop<sub>1</sub>), *Agropyron*

*pectinatum* (cop<sub>1</sub>). На фоне злаков выделялись светло-зеленые пятна полыней *Artemisia absinthium* и *A. austriaca* Jacq. (sp) и редкие темно-зеленые кусты *A. dracunculus* L. ОПП травостоем – 80–90 %.

2. Разнотравно-злаково-полынный фитоценоз (69 видов). Аспект создавали *Artemisia dracunculus* (cop<sub>2</sub>), *A. absinthium* и *A. campestris* L., *A. austriaca* (sp). Из злаков преобладали *Elytrigia repens* (cop<sub>2</sub>), *Bromopsis inermis* (sp), *Poa pratensis* (sp). ОПП растительностью – 70–80 %.

3. Злаково-полынный фитоценоз (59 видов). Доминанты растительного сообщества *Artemisia absinthium* (cop<sub>1</sub>), *Agropyron pectinatum* (cop<sub>1</sub>) и *Poa pratensis* (sp). ОПП растительностью – 60 %.

4. Злаково-разнотравно-полынный фитоценоз (68 видов). В растительном сообществе преобладали полыни: *Artemisia absinthium*, *A. austriaca*, *A. campestris*, *A. dracunculus* (cop<sub>1</sub>); и злаки: *Agropyron pectinatum* и *Elytrigia repens* (cop<sub>1</sub>). ОПП составляло 60–70 %.

В целом можно отметить, что за 15 лет на рекультивированном золоотвале сформировалась разнотравно-злаково-полынная и разнотравно-полынно-злаковая растительность с преобладанием полыней и злаков. Вес надземной фитомассы на золоотвале составлял 8,9 ц/га, а подземной – был почти в 2,6 раза больше, 23,3 ц/га (табл. 60).

Всего на рекультивированном золоотвале было зафиксировано 87 видов, большинство из них многолетние – 56,4 %. Сравнительный анализ флористического состава образовавшихся на золоотвале растительных группировок в сопоставлении с растительностью золоотвала, сформированной к 1970 г., показал, что общее количество видов растений увеличилось более чем в 2 раза (с 35 до 87 видов). Следует отметить, что развитие растительности на золоотвале шло в сторону усиления общей ксерофитизации за счет увеличения относительного числа многолетних степных видов (с 8 % в 1970 г. до 16,1 % в 1980 г.).

Исследования показали, что создание КФ на золоотвале ускорило процессы формирования растительности. Сразу сформировались продуктивные и хозяйственно-ценные растительные сообщества с преобладанием высеянных видов *Onobryhis arenaria*, *Medicago media*, *Bromopsis inermis*, *Agropyron pectinatum*. Отсутствие ухода за посевами, а также их вытаптывание и скармливание скотом при выпасе ускорило распад и деградацию КФ. При дальнейшей трансформации КФ произошло постепенное вытеснение культурных видов дикорастущими, формирование травянистых сообществ шло по пути сближения с луговыми степями.

Через 25 лет (1989 г.) после проведения биологической рекультивации на рекультивированном золоотвале ЮУГРЭС сформировался разнотравно-злаковый фитоценоз, произошло увеличение обилия злаков *Poa pratensis*, *Elytrigia repens*, *Agropyron cristatum*, *Bromopsis inermis*. ОПП составляло 80–100 %.

Через 35 лет (1999 г.) после проведения биологической рекультивации на золоотвале сформировался разнотравно-злаковый фитоценоз. Из злаков преобла-

**Производительность растительных сообществ  
золоотвала ЮУГРЭС**

КФ (растительная группировка)	Вес воздушно-сухой массы, ц/га		Отношение веса подземных органов к весу надземных
	надземных органов	подземных органов	
1970 г.*			
Кострецовый	7,7	18,6	2,3
Люцерновый	16,4	26,8	1,6
Эспарцетовый	27,6	55,7	2,0
Первичная разнотравно- попынная группировка на золе	3,9	2,8	0,7
1980 г.			
Золоотвал рекультивированный	8,9	23,3	2,6
«Чистая» зола под дамбой	8,8	8,1	0,9
1989 г.			
Золоотвал рекультивированный	13,5	50,8	3,7
«Чистая» зола под дамбой	10,3	59,4	6,2

\* Данные за 1970 г. взяты из литературных источников [90, с. 71–79].

дали *Agropiron pectinatum* (cop<sub>1-2</sub>), *Bromopsis inermis* (cop<sub>1</sub>), *Elytrigia repens* (sp–cop<sub>1</sub>). Всего было зарегистрировано 50 травянистых видов, относящихся к сорно-рудеральной и лугово-сорной (33,1 %), луговой и лугово-лесной (19,0 %), лугово-степной и степной (35,1 %) ценотическим группам. ОПП варьировало от 50 до 90 %.

Изучение воздушно-сухого веса надземных и подземных органов травянистых растений в разных экотопах золоотвалов показало, что с возрастом происходит увеличение надземной фитомассы и, в большей степени, относительного и абсолютного веса подземных органов (см. табл. 60). Известно, что в зависимости от условий произрастания, в частности от уровня азотного питания, у растений меняется не только количество и качество продуктов метаболизма, но и доля использования их для роста различных органов [91]. Это обеспечивает растительный организм более мощным аппаратом для поглощения необхо-

димых элементов минерального питания и может рассматриваться как один из механизмов адаптации растений к недостатку питательных веществ в каменноугольной золе.

Таким образом, в лесостепной зоне на золоотвале ЮУГРЭС после покрытия слоем почвы и посева многолетних трав сразу сформировались продуктивные и хозяйственно-ценные растительные сообщества с преобладанием высеянных видов. При дальнейшей трансформации КФ произошло постепенное вытеснение культурных видов дикорастущими. Из высеянных видов сохранились *Bromopsis inermis* и *Agropyron pectinatum*. *Agropyron* успешно расселился по золоотвалу преимущественно за счет семенного размножения.

Дальнейшие исследования на золоотвале ЮУГРЭС были проведены через 50 лет после создания КФ. Целью исследований было изучение структурной и функциональной (на примере микоризообразования) организации 50-летних трансформированных КФ *Agropyron pectinatum*.

Для изучения пространственной и возрастной структуры *Agropyron* в растительных сообществах случайным образом было заложено 55 учетных площадок ( $S = 0,25 \text{ м}^2$ ). На данных площадках определяли плотность особей. Далее особи *Agropyron* с площадок выкапывали, высушивали в лабораторных условиях до воздушно-сухого состояния, разбирали по возрастным группам. Для определения продуктивности растительных сообществ было заложено дополнительно 9 учетных площадок ( $S = 0,25 \text{ м}^2$ ), все виды на них были выкопаны, высушены до воздушно-сухого состояния и взвешены на весах Sartorius с точностью до 0,01 г.

Были изучены биометрические характеристики особей *Agropyron pectinatum* разных возрастных состояний. Для морфологического анализа вегетативных и генеративных особей каждого возрастного состояния было взято:  $p - 370$  особей,  $j - 244$ ,  $im - 50$ ,  $v - 96$ ,  $g_1 - 92$ ,  $g_2 - 40$ ,  $g_3 - 16$ ,  $ss - 30$ ,  $s - 27$  штук.

Также были определены индекс возрастности ценопопуляций ( $\Delta$ ) [92], индекс эффективности ( $\omega$ ) [93], индексы восстановления ( $I_v$ ) и замещения ( $I_z$ ) [94].

Для изучения микоризы в растительном сообществе, формирующемся на золоотвале, отбирали корни травянистых растений в десятикратной повторности, высушивали и обрабатывали по общепринятой методике с окрашиванием в анилиновой сини после мацерации в КОН. Были изучены такие параметры, как: доля участия микотрофных видов в растительном сообществе; частота встречаемости микоризной инфекции ( $F$ , характеризует равномерность распределения гриба в корне); степень микотрофности ( $D$ , отражает обилие гриба в корнях растений); интенсивность микоризной инфекции ( $C$ , отражает как распределение огрибленных участков корня, так и обилие гриба в нем). Был построен микосимбиотический ряд дифференциации, дающий представление о соотношении между немикотрофными, слабо-, средне- и высокомикотрофными видами [95].

Исследования показали, что через 50 лет после создания КФ на золоотвале ЮУГРЭС сформировалось разнотравно-злаковое растительное сообщество

с доминированием *Agropyron pectinatum* (КВ – 81 %, обилие – soc), содоминанты – *Artemisia austriaca* (27 %, сор<sub>1</sub>-sp), *Euphorbia virgata* (48 %, sol-sp). ОПП травянистыми видами на золоотвале ЮУГРЭС в среднем составляло 37 %, по площадкам оно изменялось от 10 до 90 %. Видовой состав данного сообщества был представлен 80 видами.

Анализ видового состава КФ показал, что в структуре ценоотических групп преобладали сорно-рудеральные и лугово-сорные виды (41,3 %), с высокой долей участия лугово-степных, степных и луговых видов (21,8; 17,9; 10,3 % соответственно); 6,4 % составляли культивируемые виды.

Хроноклин, построенный на основании данных встречаемости (постоянства) некоторых видов на рекультивированном золоотвале, иллюстрирует трансформацию КФ за 50 лет (рис. 11).

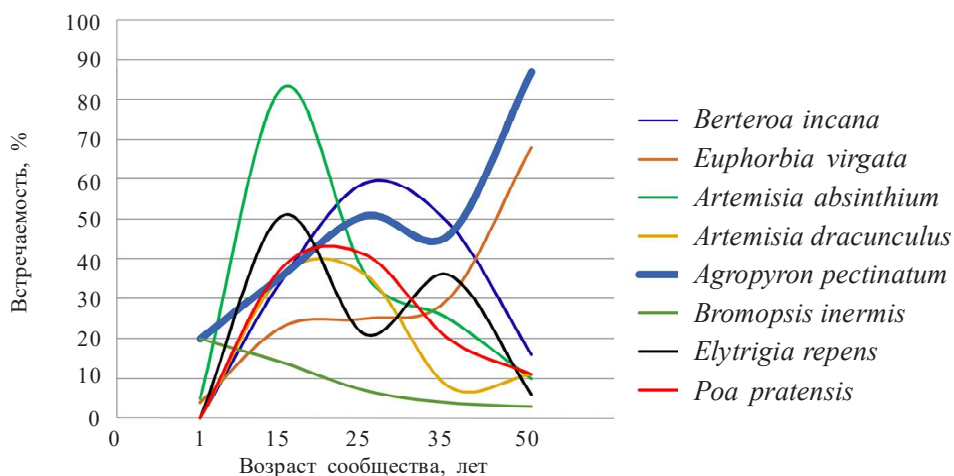


Рис. 11. Хроноклин встречаемости видов на золоотвале ЮУГРЭС

При хозяйственной оценке растительных сообществ, формирующихся в условиях золоотвала, одним из наиболее важных показателей является продуктивность. Вес воздушно-сухой надземной фитомассы на рекультивированном золоотвале ЮУГРЭС составлял 273 г/м<sup>2</sup>, 66 % от общего веса приходилось на *Agropyron pectinatum* (рис. 12). Вес подземной фитомассы составил 115,9 г/м<sup>2</sup> (табл. 61).

Для данного растительного сообщества характерно групповое распределение особей *Agropyron pectinatum* ( $S^2/m = 70,5$ ). Плотность особей *Agropyron pectinatum* в растительном сообществе составляет в среднем 60 особей/м<sup>2</sup>, изменяясь от 8 до 752 особей/м<sup>2</sup>.

Изучение возрастной структуры ЦП *Agropyron pectinatum* показало, что она является нормальной полночленной (рис. 13). Возрастной спектр трехвершинный: преобладают растения, находящиеся в прегенеративной стадии онтогенеза с первым пиком на стадии *p*, вторым пик на стадии *v*, а третьим – на стадии *ss* особей.

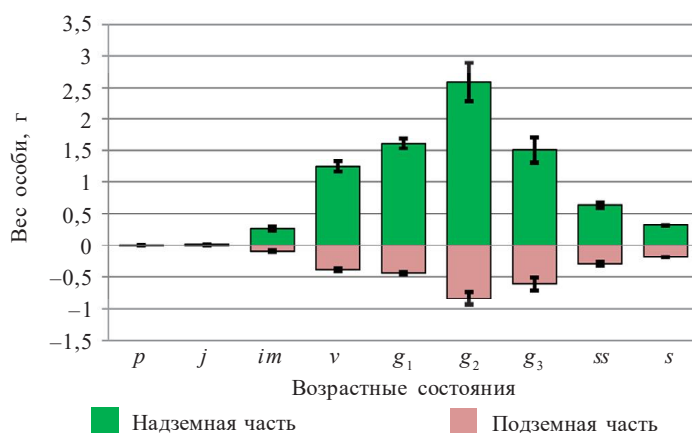


Рис. 12. Вес надземной и подземной фитомассы особей *Agropyron pectinatum* разных возрастных состояний на золоотвале ЮУГРЭС

Т а б л и ц а 61

**Продуктивность растительного сообщества золоотвала ЮУГРЭС**

Вид	Вес надземной воздушно-сухой массы		Вес подземной воздушно-сухой массы	
	г/м <sup>2</sup>	%	г/м <sup>2</sup>	%
<i>Agropyron pectinatum</i> (Bieb.) Beauv.	180,52	66,13	57,72	49,79
<i>Potentilla impolita</i> Wahlenb.	27,04	9,90	27,00	23,29
<i>Artemisia austriaca</i> Jacq.	22,16	8,12	6,44	5,56
<i>Euphorbia virgata</i> Waldst. et Kit.	16,6	6,08	7,72	6,66
<i>Potentilla argentea</i> L.	9,48	3,47	7,76	6,70
<i>Poa pratensis</i> L.	6,56	2,41	2,92	2,52
<i>Nonea rossica</i> Stev.	5,00	1,83	2,24	1,94
<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub	3,20	1,17	1,76	1,52
<i>Androsace maxima</i> L.	0,72	0,26	0,04	0,03
<i>Lepidium ruderae</i> L.	0,64	0,23	0,16	0,14
<i>Onobrychis arenaria</i> (Kit.) DC.	0,44	0,16	1,80	1,55
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.	0,28	0,10	0,08	0,07
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	0,24	0,09	0,20	0,17
<i>Atriplex patula</i> L.	0,08	0,03	0,06	0,05
<i>Lappula squarrosa</i> (Retz.) Dumort.	0,04	0,02	0,004	0,01
Средний вес, г/м <sup>2</sup>	273,0		115,9	



В возрастном спектре преобладают молодые особи (прегенеративные состояния составляют 80 %, генеративные – 14 %, старые – 6 %), что подтверждает и анализ индексов возрастности ( $\Delta = 0,0863$ ), эффективности ( $\omega = 0,0179$ ), восстановления ( $I_B = 2,5$ ) и замещения ( $I_3 = 1,8$ ).

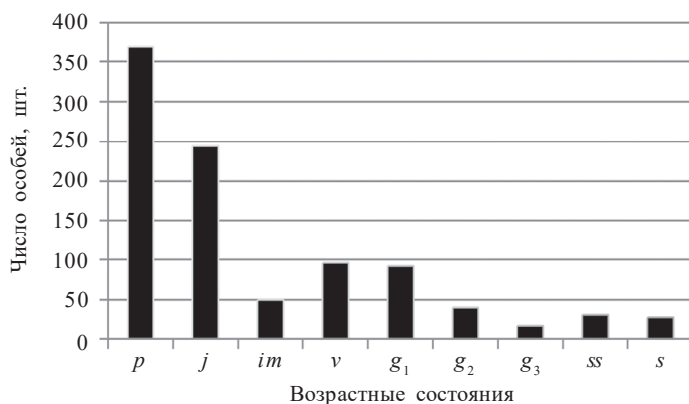


Рис. 13. Возрастной спектр ценопопуляции *Agropyron pectinatum* на золоотвале ЮУГРЭС

Установлено, что в условиях рекультивированного золоотвала развиваются полноценные особи *Agropyron pectinatum*, образующие доброкачественные семена (масса 1000 семян составляет 0,34 г, энергия прорастания – 50 %, всхожесть – 70 %), что подтверждается высоким уровнем возобновления. Необходимо отметить, что холодная и влажная весна, характерная для последних лет, способствовала дружному прорастанию семян и активному кущению растений в прегенеративном состоянии (биологической особенностью видов рода *Agropyron* является требование пониженных температур как при развитии молодого растения из семени, так и при осеннем кущении).

Наряду с возрастной дифференциацией для растений в связи с их пластичностью весьма характерна размерная дифференциация в пределах возрастных групп [59]. Известно, что структура и динамика ЦП растений как надорганизменной системы в первую очередь определяется морфологическими и биологическими свойствами входящих в нее элементов: особей семенного и вегетативного происхождения, парциальных образований [94].

Некоторые биометрические характеристики генеративных особей *Agropyron pectinatum* приведены в табл. 62.

На основе анализа интегрального показателя (высота особи, умноженная на количество побегов) было выявлено, что ЦП *Agropyron pectinatum* является процветающей [96].

В настоящее время большое внимание уделяется изучению механизмов адаптации растений к среде произрастания. Известно, что адаптация – явление общебиологическое, и все живые организмы в ходе их филогенеза и онтогенеза

Некоторые биометрические характеристики генеративных особей *Agropyron pectinatum*

Показатель	Возрастные состояния									
	$g_1$			$g_2$			$g_3$			
	$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$	$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$	$X_{cp} \pm m$	lim	$C_v, \%$	
Высота особи, см	61,3±1,07	38–80	17	66,0±1,3	48,5–79	12	60,9±2,3	40–72,5	15	
Общее количество побегов на особь, шт.	4,4±0,3	1–12	55	24,1±5,6	2–202	146	3,9±0,4	2–7	43	
Количество генеративных побегов на особь, шт.	1,7±0,1	1–5	52	13,4±3,2	2–114	153	1,4±0,1	1–2	6	
Количество вегетативных побегов на особь, шт.	3,2±0,2	1–9	68	12,6±2,6	1–88	130	2,6±0,4	1–5	59	
Количество листьев на особь, шт.	19,7±1,3	2–51	62	94,5±20,8	7–735	139	16,4±2,3	6–38	57	
Количество зеленых листьев на особь, шт.	15,1±1,0	2–39	66	71,0±16,4	3–578	146	11,5±1,9	2–30	67	
Длина листа на особь, см	11,0±0,2	6,5–16,4	16	9,5±0,4	4,7–14,7	27	10,1±0,6	5,13–13,8	23	
Количество соцветий на особь, шт.	1,7±0,1	1–5	52	13,2±3,2	2–114	155	1,4±0,1	1–2	36	
Количество колосков на особь, шт.	28,3±2,5	2–135	84	225,3±55,7	21–1925	156	20,9±2,0	8–35	38	
Количество цветков на особь, шт.	52,2±4,7	3–299	87	546,8±140,5	51–4581	162	41,3±4,4	15–74	42	
Количество плодов на особь, шт.	15,9±2,08	1–128	125	154,2±39,99	4–1317	164	13,0±2,70	4–41	83	
Количество колосков на побег, шт.	16,6±0,63	2–40	48	17,1±0,35	1–47	47	15,2±1,14	5–28	35	
Количество цветков на побег, шт.	30,6±1,9	2–153	77	41,5±1,31	2–180	72	30,0±3,52	4–71	6	
Количество плодов на побег, шт.	9,3±0,9	1–77	124	11,7±0,68	1–113	132	9,5±2,26	1–41	112	

находятся в состоянии непрерывной адаптации [97]. Адаптивная стратегия растений – это комплекс морфологических, физиологических и биохимических характеристик, который позволяет эффективно использовать ресурсы среды. Одним из таких адаптивных факторов в фитоценозах на уровне отдельной особи, популяции и всего растительного сообщества является симбиоз высших растений с грибами – микориза. Микоризные грибы, увеличивая адсорбционную поверхность корня, участвуют в поглощении питательных веществ из почвы, главным образом фосфора, улучшают снабжение водой, действуют на морфогенез корневой системы, влияют на интенсивность фотосинтеза, участвуют в регуляции роста и развитии растения-хозяина [98, 99].

Для изучения микоризы в КФ, формирующемся на золоотвале ЮУГРЭС, было отобрано 40 видов растений. Установлено, что в корнях большинства видов растений (85,0 %), произрастающих на золоотвале ЮУГРЭС, имеется арбускулярная микориза, представленная гифами гриба, везикулами и арбускулами. Не обнаружена микориза у таких видов, как *Silene steppicola* Kleop., *Rumex acetosella*, *Berteroa incana*, *Lepidium latifolium* L., *L. ruderale* L., *Sisymbrium loeselii* L. Немикотрофными видами оказались виды семейств Caryophyllaceae, Polygonaceae, Brassicaceae, которые, по литературным данным, как правило, не вступают в симбиоз с низшими грибами. Гриб распространен в корнях растений крайне неравномерно ( $F = 31,48$ ). Большая часть исследованных травянистых видов по классификации И. А. Селиванова и В. Ф. Шавкуновой [100, с. 77] являются слабомикотрофными ( $D = 0,68$ ), пять видов отнесены к среднемикотрофным: *Medicago media* ( $D = 1,94$ ), *Veronica chamaedrys* ( $D = 1,76$ ), *Artemisia austriaca* ( $D = 2,62$ ), *Crepis tectorum* L. ( $D = 2,21$ ), *Poa pratensis* ( $D = 2,32$ ).

Нами было проведено изучение особенностей микоризообразования *Agropyron pectinatum* в ходе онтогенеза. Для этого на рекультивированном золоотвале ЮУГРЭС были отобраны корни *Agropyron*: по 25 особей всех возрастных состояний. Далее корни обрабатывались по стандартной методике. Изучался такой параметр, как интенсивность микоризной инфекции ( $C$ , %).

В ходе исследований было установлено, что особи *Agropyron pectinatum* во всех возрастных группах являются слабомикотрофными. В симбиотические отношения с микоризными грибами данный вид вступает на самых ранних этапах развития (на стадии проростков). Максимальные значения интенсивности микоризной инфекции наблюдаются в виргинильном и генеративном возрастном состоянии, а минимальные – в субсенильном и сенильном (рис. 14).

В ряде работ, посвященных изучению динамики микоризообразования некоторых травянистых видов, показано, что растения вступают в симбиоз с грибами уже на ранних этапах своего развития, и интенсивность микоризации меняется в ходе онтогенеза [115–117]. При изучении микотрофности злаков в различных зонально-климатических и экологических условиях И. А. Селиванов и Л. Д. Утемова [118, с. 308] отмечали увеличение микоризообразующего гриба в тканях корней злаков в фазе кущения, выхода в трубку и в фазе колошения.

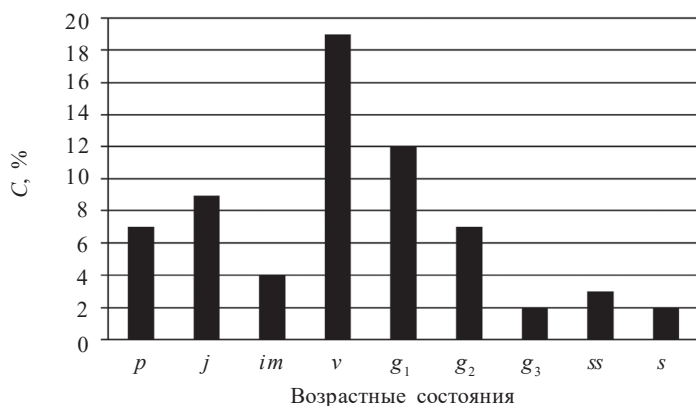


Рис. 14. Зависимость интенсивности микоризной инфекции от возрастного состояния особей *Agropyron pectinatum*

Таким образом, на рекультивированном золоотвале ЮУГРЭС за 50 лет сформировался разнотравно-злаковый фитоценоз с доминированием *Agropyron pectinatum*.

Популяция *Agropyron pectinatum* является нормальной, полночленной, в условиях золоотвала образует доброкачественные семена, что способствует возобновлению вида.

Данный вид устойчив к высокой антропогенной нагрузке (скашивание, поедание скотом и др.), имеет высокую продуктивность, является перспективным для проведения биологической рекультивации золоотвалов в лесостепной зоне.

## СПИСОК БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК

1. Биогеоценотический покров Западного Донбасса, его техногенная динамика и оптимизация / А. П. Травлев [и др.]. Днепропетровск : ДГУ, 1988. 72 с.
2. Зайцев Г. А., Моторина Л. В., Данько В. Н. Лесная рекультивация. М. : Лесн. пром-сть, 1977. 129 с.
3. Куприянов А. Н., Манаков Ю. А., Баранник Л. П. Восстановление экосистем на отвалах горнодобывающей промышленности Кузбасса. Новосибирск : Гео, 2010. 160 с.
4. Бялович Ю. П. Введение в культурфитоценологию // Сов. ботаника. 1936. № 2. С. 21–36.
5. Высоцкий Г. Н. Ергеня. Культурно-фитологический очерк // Тр. бюро по прикладной ботанике. 1915. Т. 8, № 10–11 (84). С. 1113–1443.
6. Пачоский И. К. Основы фитоценологии. Херсон : Изд-во студ. комитета с.-х. техникума, 1921. 346 с.
7. Миркин Б. М., Розенберг Г. С., Наумова Л. Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. М. : Наука, 1989. 223 с.
8. Часовенная А. А. Основы агрофитоценологии : учеб. пособие. Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1975. 188 с.
9. Марков М. В. Агрофитоценоз как основной объект изучения агрофитоценологии, науки об искусственных посевах растений // Материалы I Межвуз. науч. совещ. по вопросам агрофитоценологии. Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1969. С. 3–15.
10. Злобин Ю. А. Агрофитоценология : учеб. пособие. Харьков : Харьков. с.-х. ин-т, 1986. 74 с.
11. Титлянова А. А., Тихомирова Н. А., Шатохина Н. Г. Продукционный процесс в агроценозах. Новосибирск : Наука, 1982. 184 с.
12. Дзыбов Д. С. Агростепи. Ставрополь : АГРУС, 2010. 256 с.
13. Продуктивность растительности Центральных Каракумов в связи с различным режимом использования / Н. Т. Нечаева [и др.]. М. : Наука, 1979. 254 с.
14. Алехин В. В. Что такое растительное сообщество? Растительное сообщество как выражение социальной жизни у растений. М. : М. и С. Сабашниковы, 1924. 76 с.
15. Сукачев В. Н. Советское направление в фитоценологии // Вестн. АН СССР. 1948. № 2. С. 101–108.
16. Шенников А. П. Культивируемая растительность как объект геоботаники // Уч. зап. Ленингр. ун-та. Сер. : Биология. 1951. Вып. 30, № 143. С. 3–10.
17. Шенников А. П. Введение в геоботанику. Л. : Изд-во Ленингр. ун-та им. А. А. Жданова, 1964. 441 с.
18. Ярошенко П. Д. Геоботаника. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1961. 474 с.
19. Раменский Л. Г. Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. М. : Сельхозгиз, 1938. 670 с.
20. Фурсаев А. Д., Хохлов С. С. Обоснование понятия агрофитоценозов // Материалы науч. конф. 1946 г. Секция биол. наук. Саратов : Саратов. гос. ун-т, 1947. С. 5–7.
21. Быков Б. А. Геоботанический словарь. 2-е изд., перераб. и доп. Алма-Ата : Наука, 1973. 215 с.
22. Чибрик Т. С., Батулин Г. И. Биологическая рекультивация нарушенных промышленностью земель. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2003. 36 с.

23. Куликов П. В. Определитель сосудистых растений Челябинской области. Екатеринбург : УрО РАН, 2010. 970 с.
24. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб. : Мир и семья, 1995. 992 с.
25. Ерохина В. И. Озеленение населенных мест : справочник. М. : Стройиздат, 1987. 480 с.
26. Мыцык Л. П. Методические рекомендации по устройству декоративных газонов на юге Украины. Ялта : ВАСХНИЛ, 1977. 15 с.
27. Ламанова Т. Г., Шеремет Н. В. Агрофитоценозы на отвалах в южной части Кузнецкой котловины. Новосибирск : Офсет, 2010. 226 с.
28. Диагнозы и ключи возрастных состояний луговых растений. Однодольные. Злаки : метод. разработки для студентов биол. специальностей / под общ. ред. Т. И. Серебряковой. М. : МГПИ им. В. И. Ленина, 1980. Ч. 1. 109 с.
29. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура) / О. В. Смирнова [и др.]. М. : Наука, 1976. 217 с.
30. Андреев Н. Г. Луговое хозяйство. М. : Колос, 1966. 511 с.
31. Корякина В. Ф. Особенности роста и развития многолетних кормовых растений. М. ; Л. : Наука, 1964. 286 с.
32. Лебедев П. В., Углов Н. П. Биология и агротехника лугопастбищных трав. Свердловск : Свердл. кн. изд-во, 1961. 171 с.
33. Андреев Н. Г. Костер безостый. М. : Моск. рабочий, 1970. 124 с.
34. Пасынкова М. В. Морфологические признаки и посевные качества семян, семенная продуктивность и урожай растений, выросших на золоотвалах // Аграрный вестн. Урала. 2001. № 5. С. 43–48.
35. Глазырина М. А. Особенности формирования флоры и растительности в условиях отвалов и карьеров открытых угольных разработок (на примере Челябинского буроугольного бассейна) : дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 2002. 265 с.
36. Биологическая рекультивация земель в Сибири и на Урале (рекомендации и экспериментальные схемы) / под общ. ред. С. С. Трофимова. Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1981. 113 с.
37. Флора СССР : в 30 т. Л. : Наука, 1934. Т. 2. 778 с.
38. Цвелев Н. Н. Злаки СССР. Л. : Наука, 1976. 788 с.
39. Куликов П. В. Определитель сосудистых растений Челябинской области. Екатеринбург : УрО РАН, 2010. 970 с.
40. Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР : в 3 т. Т. 1 / под общ. ред. И. В. Ларина. М. ; Л. : Сельхозгиз, 1950. 688 с.
41. Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР : в 3 т. Т. 2 / под общ. ред. И. В. Ларина. М. ; Л. : Сельхозгиз, 1951. 948 с.
42. Диагнозы и ключи возрастных состояний луговых растений : метод. разработки для студентов биол. специальностей / под общ. ред. Т. И. Серебряковой. М. : МГПИ им. В. И. Ленина, 1983. Ч. 2. 97 с.
43. Металлов А. В. Эколого-биологические особенности адаптации у сортов люцерны в условиях предбайкалья : дис. ... канд. биол. наук. Иркутск, 2009. 123 с.
44. Чибрик Т. С., Лукина Н. В., Глазырина М. А. Анализ флоры техногенных ландшафтов : учеб. пособие. 2-е изд., испр. и доп. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2012. 162 с.
45. Изучение фитоценозов техногенных ландшафтов : учеб. пособие / Т. С. Чибрик, М. А. Глазырина, Н. В. Лукина, Е. И. Филимонова. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. 166 с.

46. Изучение популяций растений на промышленных отвалах : учеб. пособие / М. А. Глазырина, Е. И. Филимонова, Н. В. Лукина, Т. С. Чибрик. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. 228 с.

47. Корчагин А. А., Лавренко Е. М. Морфологическое строение растительных сообществ (синморфология) // Полевая геоботаника : в 5 т. М. ; Л. : Наука, 1976. Т. 5. С. 28–130.

48. Ширинкина Л. Г. Опыт фитоценологического изучения засоренности посевов пшеницы // Учен. зап. Т. 124 : Некоторые вопросы ботаники. Пермь : Перм. гос. пед. ун-т, 1974. С. 45–59.

49. Чибрик Т. С. К вопросу о биологической рекультивации нарушенных земель угольных месторождений Урала // Биологическая рекультивация нарушенных земель : материалы Междунар. совещ., Екатеринбург, 3–7 июня 2002 г. Екатеринбург : УрО РАН, 2003. С. 542–557.

50. Урал и Приуралье. Природные условия и естественные ресурсы СССР. М. : Наука, 1968. 460 с.

51. Плошко Г. С., Чибрик Т. С. Опыт создания сеяных лугов на отвалах Богословского бурогольного разреза // Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск : Наука, 1974. С. 180–183.

52. ГОСТ 17.5.1.03-86. Охрана природы : Земли. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель. М. : Изд-во стандартов, 1986. 9 с.

53. Ариушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. 2-е изд. М. : Изд-во МГУ, 1970. 488 с.

54. Серая Г. П., Чибрик Т. С. Особенности структуры и жизненность ценопопуляций многолетних злаков в экспериментальных посевах (Коркинский угольный разрез) // Растения и промышленная среда : сб. науч. тр. Свердловск : УрГУ, 1984. С. 30–38.

55. Серая Г. П., Чибрик Т. С. Жизненность ценопопуляций многолетних трав в зависимости от условий выращивания // Растения и промышленная среда : сб. науч. тр. Свердловск : УрГУ, 1985. С. 5–25.

56. Чибрик Т. С., Красавин А. П. К проблеме рекультивации выработанных пространств глубоких угольных разрезов // Почвообразование в антропогенных условиях : сб. науч. тр. Свердловск : УрГУ, 1981. С. 90–100.

57. Чибрик Т. С., Красавин А. П. Особенности озеленения выработанного пространства глубоких разрезов // Ускоренная рекультивация земель на шахтах и разрезах : экспресс-информ. ЦНИЭИуголь. М., 1983. Вып. 4. С. 2–15.

58. Чибрик Т. С. Структура и жизненность ценопопуляций многолетних трав в экспериментальных посевах на нарушенных промышленностью землях // Популяционная экология растений. М. : Высш. шк., 1987. С. 111–115.

59. Ценопопуляции растений (развитие и взаимоотношения) / А. А. Уранов [и др.]. М. : Наука, 1977. 131 с.

60. Серая Г. П., Румянцева Е. В. Пространственная структура и жизненность ценопопуляции кислицы обыкновенной в пихто-ельнике папоротниково-высокотравном // Популяционные биогеоценотические исследования в горных темнохвойных лесах Среднего Урала. Свердловск : УрГУ, 1979. С. 79–89.

61. Марков М. В. Агрофитоценология. Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1972. 270 с.

62. Сукачев В. Н. Избранные труды : в 3 т. Т. 3 : Проблемы фитоценологии / под ред. Е. М. Лавренко. Л. : Наука, 1975. 543 с.

63. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Минск : Высш. шк., 1964. 327 с.

64. Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии) / Л. Б. Заугольнова [и др.]. М. : Наука, 1988. 184 с.



65. *Работнов Т. А.* Биологические наблюдения на субальпийских лугах Северного Кавказа // Бот. журн. 1945. Т. 30, № 4. С. 167–177.
66. *Ильина Е. Я.* Динамика формирования побегов и продуктивность люцерны посевной : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Свердловск, 1969. 24 с.
67. *Лебедев П. В., Узлов Н. П.* Биология и агротехника лугопастбищных трав. Свердловск : Свердл. кн. изд-во, 1961. 172 с.
68. *Чибрик Т. С., Глазырина М. А.* К вопросу биологической рекультивации Коркинского угольного разреза // Проблемы охраны растительного мира Сибири : тез. докл. Междунар. совещ., Новосибирск, 21–24 авг. 2001 г. Новосибирск : ЦСБС СО РАН, 2001. С. 98–99.
69. Экологические основы и опыт биологической рекультивации нарушенных промышленностью земель / Т. С. Чибрик [и др.]. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2011. 268 с.
70. *Красавин А. П., Хорошавин А. Н., Катаева И. В.* Биотехнологические аспекты рекультивации земель // Ускоренная рекультивация земель с использованием высокоэффективной биотехнологии : сб. науч. тр. Пермь : ВНИИОСуголь, 1988. С. 5–14.
71. *Филимонова Е. И., Уманова Н. Е., Рябухин Э. А.* Начальные этапы формирования растительности на гидроотвалах Шуралино-Ягодного месторождения россыпного золота // Биологическая рекультивация нарушенных земель : материалы Междунар. совещ., Екатеринбург, 26–29 авг. 1996 г. Екатеринбург : УрО РАН, 1997. С. 238–247.
72. Особенности структуры ценопопуляций рыхлокустовых злаков / Е. И. Курченко, В. Н. Егорова, И. М. Ермакова, А. Р. Матвеев // Ценопопуляций растений (основные понятия и структура). М., 1976. С. 130–146.
73. *Шеремет Н. В.* Структура и продуктивность агрофитоценозов с овсяницей тростниковой (*Festuca arundinacea* Schreb.) на спланированных вскрышных отвалах в лесостепной зоне Кузнецкой котловины : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2003. 17 с.
74. *Ларин И. В.* Луговое хозяйство и пастбищное хозяйство. 2-е изд., перераб. и доп. Л. : Колос, 1964. 516 с.
75. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести / Семена сельскохозяйственных культур : Межгосударственный стандарт. М. : Стандартинформ, 2011. С. 36–64.
76. ГОСТ 12042-80. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян / Семена сельскохозяйственных культур : Межгосударственный стандарт. М. : Стандартинформ, 2011. С. 116–118.
77. *Сигалов Б. Я.* О выращивании многолетних трав на каменноугольной золе // Бюл. Гл. бот. сада АН СССР. 1954. № 9. С. 63–66.
78. *Сигалов Б. Я., Маликов А. А.* Закрепление золоотвалов тепловых электростанций многолетними травами // Информ. сообщ. М., 1959.
79. *Тарчевский В. В.* Создание искусственного растительного покрова на золоотвалах и других отходах промышленности // Тез. докл. науч. конф. по экспериментальной геоботанике. Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1962. С. 22–24.
80. *Тарчевский В. В.* Биологические методы консервации золоотвалов тепловых электростанций Урала // Растения и промышленная среда : сб. науч. тр. каф. ботаники. Свердловск : УрГУ, 1964. С. 70–115.
81. *Тарчевский В. В.* Формирование первичного фитоценоза на каменноугольной золе, покрытой слоем почвы // Растительность и промышленные загрязнения: Охрана природы на Урале. Свердловск : УрГУ, 1966. Вып. 5. С. 123–127.
82. *Колесников Б. П., Пикалова Г. М.* Некоторые результаты работы лаборатории промышленной ботаники Уральского университета по фитомелиорации промышленных отвалов // Рекультивация в Сибири и на Урале. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1970. С. 89–98.



83. Колесников Б. П., Пикалова Г. М. К вопросу о классификации промышленных отвалов как компонентов техногенных ландшафтов // Растения и промышленная среда : сб. науч. тр. Свердловск : УрГУ, 1974. Вып. 3. С. 3–29.

84. Тарчевский В. В., Пикалова Г. М., Пасынкова М. В. Итоги исследовательских работ по биологической рекультивации золоотвалов // Материалы симпозиума по вопросам рекультивации нарушенных промышленностью территорий. Лейпциг, 1970. Т. 2. С. 309–312.

85. Хамидулина М. В. Консервация поверхности золоотвала Южно-Кузбасской ГРЭС // Растительность и промышленные загрязнения: Охрана природы на Урале. Свердловск : Урал. филиал АН СССР, 1970. Вып. 7. С. 132–135.

86. Чибрик Т. С. Влияние полива золы сточными водами на формирование побегов костра безостого и пырея ползучего на золоотвале Нижнетуринской ГРЭС // Охрана природы на Урале: Растительность и промышленные загрязнения. Свердловск : УФАИ СССР, 1970. Вып. 7. С. 140–143.

87. Фирсова В. П., Кулай Г. А. Физико-химические и микробиологические свойства золы отвалов тепловых электростанций Свердловской области // Растительность и промышленные загрязнения: Охрана природы на Урале. Свердловск : Урал. филиал АН СССР, 1966. Вып. 5. С. 69–73.

88. Тарчевский В. В., Штина Э. А. Водоросли промышленных отвалов // Современное состояние и перспективы изучения почвенных водорослей в СССР. Киров : Кировск. с.-х. ин-т, 1966. С. 46.

89. Штина Э. А. Развитие водорослей на промышленных отвалах // Охрана природы Урала: Растительность и промышленные загрязнения. Свердловск : УФАИ СССР, 1970. Вып. 7. С. 150–153.

90. Некоторые закономерности формирования культурфитоценозов на золоотвалах ТЭЦ Урала / Г. М. Пикалова, Г. П. Серая, М. В. Пасынкова и др. // Растения и промышленная среда : сб. науч. тр. Свердловск : УрГУ, 1974. С. 69–96.

91. Мокроносов А. Т. Использование продуктов фотосинтеза в ростовых процессах // Фотосинтезирующие системы высокой продуктивности. М. : Наука, 1966. С. 157–161.

92. Уранов А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Науч. докл. высш. школы. Биол. науки. 1975. № 2. С. 7–34.

93. Животовский Л. А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. 2001. № 1. С. 3–7.

94. Жукова Л. А. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола : РИИК «Ланар», 1995. 224 с.

95. Селиванов И. А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. М. : Наука, 1981. 230 с.

96. Злобин Ю. А. Принципы и методы изучения ценологических показателей растений. Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1989. 145 с.

97. Поливариантность развития организмов, популяций и сообществ. Йошкар-Ола : Мар. гос. ун-т, 2006. 326 с.

98. Каратыгин И. В. Кoeволюция грибов и растений. СПб. : Гидрометеиздат, 1993. 115 с.

99. The structure and function of the vegetative mycelium of roots / D. J. Read [ed. al] // The ecology and physiology of the fungal mycelium. Cambridge : University Press, 1984. P. 215–240.

100. Селиванов И. А., Шавкунова В. Ф. Микотрофность растений во флоре и растительном покрове горы Ирмель // Учен. зап. Перм. гос. пед. ин-та. Пермь : Перм. гос. пед. ин-т, 1973. С. 72–93.

101. *Шкараба Е. М.* Развитие микоризы в ходе онтогенеза кислицы обыкновенной (*Oxalis acetosella* L.) // Микориза и другие формы консортивных связей в природе : межвуз. сб. науч. тр. Пермь : Перм. гос. пед. ин-т, 1983. С. 24–28.

102. *Лукина Н. В., Глазырина М. А.* Некоторые особенности структурной организации и микоризных стратегий ценопопуляций *Erigeron acris* L. на техногенных субстратах // Изв. Самар. науч. центра Рос. акад. наук. 2013. Т. 15, № 3(4). С. 1354–1359.

103. *Лукина Н. В., Глазырина М. А., Важенина О. А.* Микоризообразование *Plantago media* L. в ходе онтогенеза на разных субстратах // Вестн. Нижегород. гос. ун-та им. Н. И. Лобачевского. 2014. № 3(3). С. 63–66.

104. *Селиванов И. А., Утемова Л. Д.* Материалы к характеристике микориз злаков // Вопросы биологии и экологии доминантов и эдификаторов растительных сообществ : материалы I Межвуз. конф. по биологии и экологии доминантов и эдификаторов естественных и искусственных фитоценозов, Пермь, 21–26 сент. 1967 г. : Учен. зап. Т. 64. Пермь : Изд-во Перм. гос. пед. ин-та., 1968. С. 302–309.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Глазырина М. А. Изучение популяций растений на промышленных отвалах : учеб. пособие / М. А. Глазырина, Е. И. Филимонова, Н. В. Лукина, Т. С. Чибрик. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. 228 с.

Жукова Л. А. Поливариантность луговых растений / Л. А. Жукова // Жизненные формы в экологии и систематике растений. М. : Изд-во МГПИ им. В. И. Ленина, 1986. С. 104–114.

Жукова Л. А. Популяционная жизнь луговых растений / Л. А. Жукова. Йошкар-Ола : РИИК «Ланар», 1995. 224 с.

Заугольнова Л. Б. Подходы к оценке состояния ценопопуляций растений / Л. Б. Заугольнова, С. В. Никитина, Л. В. Денисова // Бюл. МОИП. 1993. Т. 98, № 5. С. 100–108.

Злобин Ю. А. Принципы и методы изучения ценогических популяций растений : учеб.-метод. пособие / Ю. А. Злобин. Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1989. 146 с.

Злобин Ю. А. Теория и практика оценки виталитетного состава ценопопуляций растений / Ю. А. Злобин // Ботан. журн. 1989. Т. 74, № 6. С. 769–781.

Ламанова Т. Г. Агрофитоценозы на отвалах в южной части Кузнецкой котловины / Т. Г. Ламанова, Н. В. Шеремет. Новосибирск : Офсет, 2010. 226 с.

Марков М. В. Агрофитоценология / М. В. Марков. Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1972. 270 с.

Матвеев Н. М. Основы степного лесоведения профессора А. Л. Бельгарда и их современная интерпретация : учеб. пособие / Н. М. Матвеев. Самара : Самар. ун-т, 2011. 126 с.

Махнев А. К. Экологические основы и методы биологической рекультивации золоотвалов тепловых электростанций на Урале / А. К. Махнев, Т. С. Чибрик, М. Р. Трубина и др. Екатеринбург : УрО РАН, 2002. 356 с.

Онипченко В. Г. Функциональная фитоценология: Синэкология растений : учеб. пособие / В. Г. Онипченко. М. : КРАСАНД, 2014. 576 с.

Смит С. Э. Микоризный симбиоз / С. Э. Смит, Д. Д. Рид. М. : Т-во науч. изд. КМК, 2012. 776 с.

Уранов А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов / А. А. Уранов // Биол. науки. 1975. № 2. С. 7–34.

Чайкина Г. М. Рекультивация нарушенных земель в горнорудных районах Урала / Г. М. Чайкина, В. А. Обьедкова. Екатеринбург : УрО РАН, 2003. 268 с.

Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). М. : Наука, 1976. 216 с.

Чибрик Т. С. Экологические основы и опыт биологической рекультивации нарушенных промышленностью земель / Т. С. Чибрик, Н. В. Лукина, Е. И. Филимонова, М. А. Глазырина. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2011. 286 с.

## Структура самостоятельной работы

Титульный лист

Содержание

Введение

Основная часть

1. Физико-географическая характеристика района

1.1. Общая характеристика природных условий

1.2. Характеристика объекта исследования

2. Результаты исследований

2.1. Общее геоботаническое описание культурфитоценозов

2.1.1. Общая характеристика травостоя: ОПП; ПП культурными видами;  
ПП сорными видами, засоренность травостоя

2.1.2. Систематический анализ видового состава КФ

2.1.3. Биоэкологический анализ видового состава КФ

2.1.4. Вертикальная и горизонтальная структура КФ

2.1.5. Плотность КФ

2.1.6. Учет надземной и подземной фитомассы КФ

Заключение

Учебное издание

Чибрик Тамара Семеновна  
Глазырина Маргарита Александровна  
Филимонова Елена Ивановна  
Лукина Наталия Валентиновна

СОЗДАНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ  
КУЛЬТУРФИТОЦЕНОЗОВ  
НА НАРУШЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ  
ЗЕМЛЯХ

Учебное пособие

Заведующий редакцией *М. А. Овечкина*  
Редактор *Н. В. Чапаева*  
Корректор *Н. В. Чапаева*  
Компьютерная верстка *Г. Б. Головина*

Подписано в печать 26.03.19. Формат 70×100/16.  
Бумага офсетная. Цифровая печать.  
Уч.-изд. л. 10,00. Усл. печ. л. 11,93. Тираж 40 экз. Заказ 40.  
Издательство Уральского университета.  
Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ  
620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4.  
Тел.: +7 (343) 389-94-79, 350-43-28  
E-mail: [rio.marina.ovechkina@mail.ru](mailto:rio.marina.ovechkina@mail.ru)  
Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ  
620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4.  
Тел.: +7 (343) 358-93-06, 350-58-20, 350-90-13  
Факс +7 (343) 358-93-06  
<http://print.urfu.ru>

Для заметок

Для заметок





